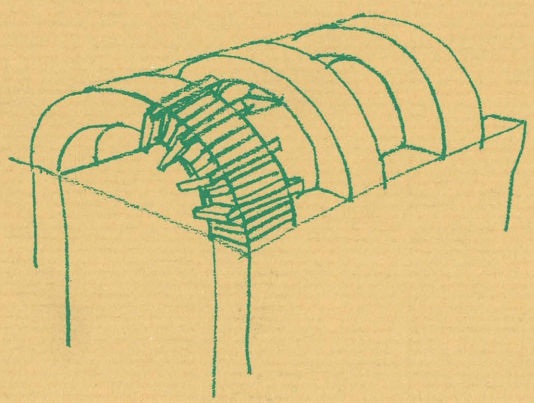
CUADERNO DE APUNTES DE CONSTRUCCIÓN

DE

LUIS MOYA

(CURSO 1924-1925)

EDICIÓN A CARGO DE
JAVIER GARCÍA-GUTIÉRREZ MOSTEIRO



INSTITUTO JUAN DE HERRERA • ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DE MADRID • U.P.M.

CUADERNO DE APUNTES DE CONSTRUCCIÓN DE LUIS MOYA (CURSO 1924-1925)

CUADERNO

DE

APUNTES DE CONSTRUCCIÓN

DE

LUIS MOYA

(CURSO 1924-1925)

EDICION A CARGO DE

JAVIER GARCÍA-GUTIÉRREZ MOSTEIRO

MADRID
MCMXCIII

INSTITUTO JUAN DE HERRERA • ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DE MADRID • U.P.M.

© Instituto Juan de Herrera, 1993
del texto, Javier García-G. Mosteiro
I.S.B.N.: 84-600-8602-X
Dep. Legal: M-24057-1993

Impreso en España

FASTER, c/ San Francisco de Sales, 1 -28003 MADRID

Mi agradecimiento a cuantos me han animado a dar a conocer este CUADERNO*; a don Ricardo Aroca, a don Pedro Navascués y a doña Rita Albi, por el apoyo prestado; a don Antonio García de Arangoá, a don Víctor d´Ors y a don Joaquín Vaquero Palacios, por el inestimable testimonio que de la Escuela de los años veinte me han facilitado; y, de un modo particular, a doña Concepción Pérez Masegosa, viuda de Moya.*

J.G.M.

ÍNDICE

págs.

PRESENTACIÓN
Ricardo Aroca Hernández-Ros 11

EL CUADERNO DE APUNTES DE CONSTRUCCIÓN DE LUIS MOYA (CURSO 1924-1925)
Javier García-Gutiérrez Mosteiro 13

APUNTE BIOGRÁFICO DE LUIS MOYA BLANCO 35

EL CUADERNO Y SU TRANSCRIPCIÓN 39

APUNTES DE CONSTRUCCIÓN 43

ÍNDICE ONOMÁSTICO 245

ÍNDICE TEMÁTICO 247

APÉNDICE: COMENTARIO DE LUIS MOYA AL PLAN DE 1914 249

PRESENTACIÓN

Como director de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid me cabe el inmerecido honor de presentar esta edición facsímil de apuntes de quien fue un excelente director de la misma, y que por cierto lo era el año en que terminé la carrera.

En el primer curso tuve la fortuna de tenerlo como profesor; le admirábamos profundamente pese a que la época, de fervorosa adhesión al movimiento moderno, nos hacía difícil apreciar obras que luego han tenido el adecuado reconocimiento. En el recuerdo de mis primeras impresiones, luego tuve la ocasión de tratarlo más y valorarlo mejor, aparece un cierto trasfondo de inquietud, en el que se aunaban la admiración por su cultura, su capacidad intelectual y la desconcertante habilidad de dibujar con un lápiz en cada mano, lo cual hacía a veces difícil seguir sus correcciones.

Estábamos acostumbrados a la liturgia de las correcciones que implicaba escuchar adoptando la adecuada expresión de sumisión; y en las contadas ocasiones en que se permitía entrar en alguna leve discusión, ésta debía hacerse en el terreno del profesor que nunca abandonaba su sistema de categorías ni aceptaba el diálogo más que en sus propios términos. Moya, por el contrario, al comentar un trabajo, adoptaba la actitud de "tratar de comprender" abandonando todo sistema propio de categorías, con tal facilidad que uno se preguntaba si realmente lo tenía. Estaba siempre dispuesto a admitir cualquier solución, a explorar cualquier propuesta por más estúpida que pudiera parecerle al propio proponente, que acostumbrado a embestir contra barreras inamovibles se encontraba de pronto solo ante sí mismo, situación mucho menos confortable que la habitual de clamar contra algo y que no se nos hiciera caso. Me lo debió de hacer alguna vez, y de ahí la vivida sensación de angustia que acompaña a la de admiración por su figura, cuando busco en mis primeros recuerdos.

La capacidad de dialogar "en los términos del otro" otorga un inusual grado de fiabilidad a las notas de Luis Moya alumno; sus apuntes reflejan sin duda con absoluta fidelidad

todo aquello que el profesor quiso transmitir, sin las sorprendentes distorsiones que el filtro de lo que el alumno "espera oir" introduce inevitablemente.

Estos apuntes, sin duda exactos y aparentemente exentos de pasión, son parte del importante legado que la generosidad de su viuda, Dª Concepción Pérez Masegosa, ha hecho a la Escuela. Ello hace posible que sus papeles continúen siendo materia de consulta y origen de futuros trabajos. La custodia y el estudio de legados de arquitectos notables y las publicaciones basadas en ellos, van a ser de ahora en adelante un objetivo primordial de la Escuela de Madrid.

Ricardo Aroca.

Director de la ETSAM
Madrid, 7 de julio de 1993.

EL CUADERNO DE APUNTES DE CONSTRUCCIÓN DE LUIS MOYA (CURSO 1924-1925)

Tras la muerte de Luis Moya Blanco, en 1990, su viuda, Dª Concepción Pérez Masegosa, legó a la Escuela de Arquitectura de Madrid un importante conjunto de dibujos, proyectos y documentos que venía a sumarse a la ya amplia donación que de su obra había hecho en vida el propio arquitecto. En el proceso de catalogación de este legado, que actualmente se está llevando a cabo por quien esto escribe, se encontró el CUADERNO DE APUNTES DE CONSTRUCCION que ahora publicamos.

Corresponde este CUADERNO a los apuntes que Luis Moya, como alumno de la Escuela de Arquitectura de Madrid, tomara de las lecciones de la asignatura de CONSTRUCCION ARQUITECTONICA II, impartidas por el catedrático don Carlos Gato Soldevilla durante el curso de 1924-1925.

El hecho de publicar en facsímil estos apuntes obedece, independientemente de su interés formal, a la oportunidad de rescatar unas páginas de la historia de la enseñanza en la Escuela.

Desde la línea expositiva de Carlos Gato y desde la extraordinaria receptividad —la *intuición constructiva*— por parte de su alumno Luis Moya, podemos observar en qué medida este CUADERNO contribuye a arrojar nueva luz al análisis de aquel crítico período de la enseñanza en la Escuela, período de importantes debates en torno a qué pudiera ser la tarea de formar arquitectos.

Un acercamiento al ambiente de la Escuela de entonces y al pensamiento arquitectónico de Carlos Gato nos facilitará este estudio.

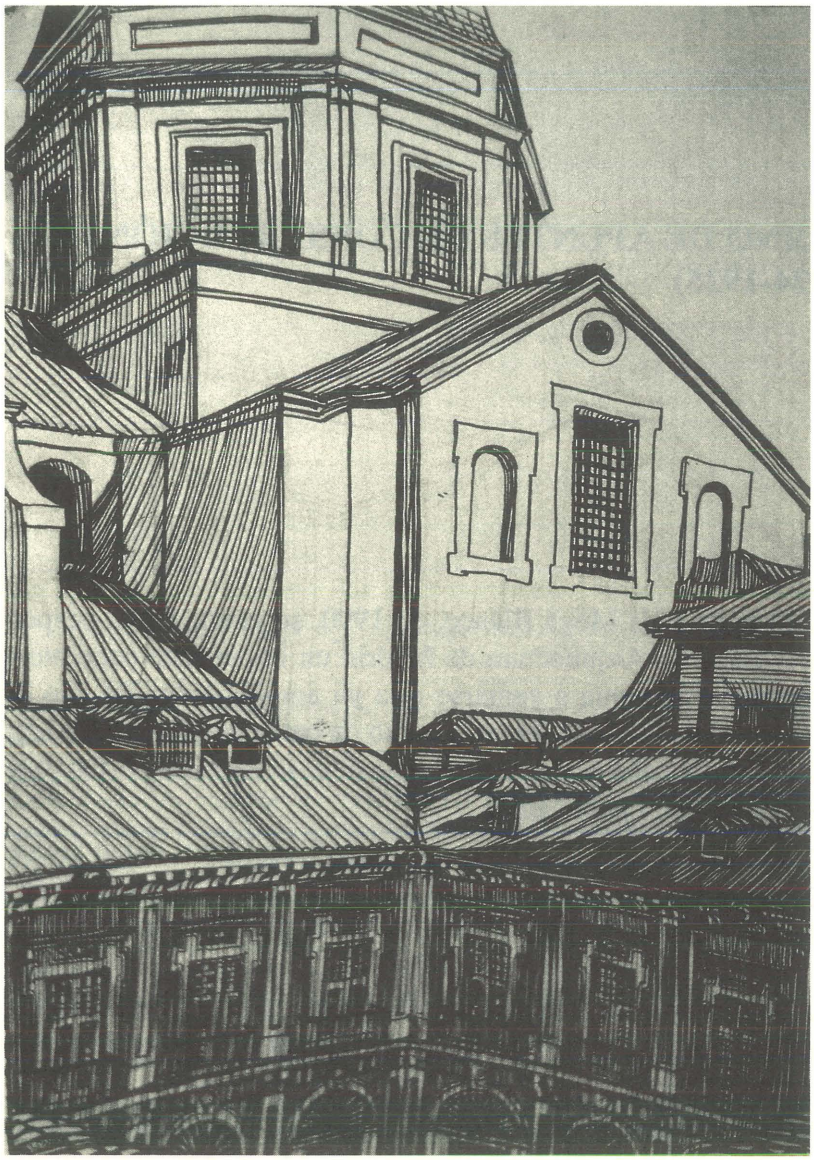


Fig. 1. L. MOYA, Apunte de la cúpula de San Isidro realizado desde el edificio que albergaba la Escuela de Arquitectura (1924).

I. LA ESCUELA DE ENTONCES.

La "convivencia formativa" y el ambiente ecléctico.

Para mejor comprender el marco del que surgen estos apuntes hemos de referirnos a una Escuela muy distinta de la actual. Ocupaba la Escuela de Arquitectura el viejo caserón de la calle de los Estudios, junto a la catedral de San Isidro, y estaba constituida por dieciséis profesores numerarios y ocho auxiliares, contando con poco más del centenar de alumnos.

En estas condiciones alumnos y profesores propendían a una natural relación entre sí, conociéndose todos y participando cada uno de los trabajos de los demás, estableciéndose —como Moya añorara años después, al ser elegido Director de la Escuela— una "convivencia formativa entre profesores y alumnos" [1], *convivencia formativa* que, vertebrando entre sí las distintas asignaturas, fundamentaba la práctica docente y venía a alimentar, por otro lado, la pluralidad ecléctica reinante en la Escuela.

El *hecho trascendental* [2] del donativo Cebrián, que a principios de siglo convierte la entonces modesta Biblioteca de la Escuela en una de las más importantes del mundo en materia de arquitectura [3], posibilitó que entre los alumnos fueran apareciendo, paralelamente a los lenguajes historicistas y conviviendo con ellos, nuevas formas arquitectónicas, particularmente aquellas que provenían de Centroeuropa.

En este sentido Anasagasti hace notar en 1923 [4] cómo, gracias a la excelente Biblioteca que se había conseguido en aquellos años, el conocimiento que en la Escuela de Madrid se tenía de la arquitectura alemana y austríaca era muy alto, superando incluso al de los franceses; circunstancia ésta que nos habla (por contra a lo que pudiera parecer) de lo cercana que estaba la Escuela a la cultura arquitectónica europea del momento.

El *abierto eclecticismo* [5] de la revista ARQUITECTURA y las numerosas conferencias que desde distintas posiciones se pronunciaban colaboraban, por otra parte, al sostenimiento de este ambiente de franca apertura a las variadas tendencias del panorama arquitectónico del momento [6].

Pero nótese bien cómo si, desde la pluralidad ecléctica de la Escuela, se alentaba esta receptividad a los principios inspiradores de las nuevas formas se ponía, por otro lado, especial atención en procurar el alejamiento de todo formalismo. Así López Otero, entonces

---

[1] Luis MOYA, Carta abierta a Carlos de Miguel sobre la enseñanza de la Arquitectura, *Arquitectura*, Madrid, núm. 58, octubre 1963, p. 44.

[2] Modesto LÓPEZ OTERO, "La última lección del profesor López Otero", *Revista Nacional de Arquitectura*, Madrid, núm. 162, junio 1955, p. 2.

[3] M. LÓPEZ OTERO, "Pasado y porvenir de la Enseñanza de la Arquitectura", *Revista Nacional de Arquitectura*, núm. 38, febrero 1945, p. 50.

[4] Teodoro ANASAGASTI, *Enseñanza de la Arquitectura*, Madrid, Calpe, 1923, p. 12.

[5] L. MOYA, "Breves recuerdos suscitados por la publicación de los Índices de la revista Arquitectura", *Arquitectura*, núm. 251, noviembre-diciembre 1984, p. 11.

[6] M. LÓPEZ OTERO, "La última lección...", p. 4.

Director de la Escuela, advertía del riesgo de que los alumos pudieran "zambullirse en lo imitativo que tanto han censurado los modernos respecto al historicismo pasado"; en este sentido hace valer, por ejemplo, cómo los alumnos desdeñaron "con una especial y clara intuición" las formas efímeras que propugnaba la Exposición de París de 1925 [7].

El plan de 1914 y el debate en torno a la enseñanza de la Arquitectura.

Antes de abrazar el estudio de estos apuntes de CONSTRUCCION ARQUITECTONICA II, preciso será enmarcar esta asignatura en su plan de estudios: el de 1914.

Este Plan, que incorporaba a la carrera buen número de nuevas enseñanzas técnicas, era de una gran extensión: suponía dos años de Ingreso y seis de carrera, divididos estos últimos en dos cursos de "Enseñanza preparatoria" y cuatro de" Enseñanza superior" [8].

Según Vidaurre, este Plan, nacido con las grandes crisis nacionales y europeas, es buena muestra de la fe que se había puesto en la ciencia como *panacea* y es consecuente con la conversión de los ingenieros en la nueva *oligarquía aristocrática cultural* [9].

Si es en estos años cuando los principios del Movimiento Moderno surgen como oposición a las formas tradicionales, es de señalar cómo estos principios, aun repercutiendo naturalmente en la Escuela, pretenden la reforma *desde arriba*, desde ámbitos profesionales (particularmente desde la denominada por Carlos Flores "generación de 1925" [10]), no incidiendo de forma inmediata en la reforma de la enseñanza de la arquitectura, "esperando que al actuar directamente sobre el contexto español, éste al fin exigiese las reformas pedagógicas" [11].

La reforma *desde abajo*, la que afecta básicamente a la enseñanza, vendría por una vía complementaria: la del Reformismo. En efecto, es en estos momentos cuando se deja sentir en la Escuela la incorporación de las primeras promociones de profesores formados en torno a las ideas regeneracionistas de la Institución Libre de Enseñanza y la Residencia de Estudiantes: Anasagasti, Torres Balbás, Flórez Urdapilleta, López Durán..., que procuran un nuevo método para la enseñanza, método en el que se ha de anteponer el *saber ser* al *saber hacer cosas* [12].

Como primera propuesta formal para la reforma merece citarse la ponencia de Anasagasti recogida en su libro ENSEÑANZA DE LA ARQUITECTURA, publicado en 1923 [13]. Conside-

---

[7] *Ibíd.*

[8] Véase en el Apéndice el detalle del plan, junto a un comentario sobre el mismo publicado por Luis Moya en este año de 1925.

[9] Julio VIDAURRE JOFRE, "Panorama histórico de la enseñanza de la Arquitectura en España desde 1845 a 1971", en AAVV, a cargo de Antonio Fernández Alba, *Ideología y enseñanza de la arquitectura en la España contemporánea*, Madrid, Ediciones Tucar, 1975, p. 58.

[10] Generación constituída por jóvenes arquitectos madrileños, titulados entre 1918 y 1923: García Mercadal, Bergamín, Fernández Shaw, Sánchez Arcas, Lacasa, Gutiérrez Soto...

[11] J. VIDAURRE, *op. cit.*, p. 63.

[12] *Ibíd.*, p. 62.

[13] Esta ponencia fue redactada por Anasagasti en 1918.

rando que el Plan cuenta con unos programas cargados "de alta ciencia teórica y especulaciones que no encuentran empleo en las funciones ulteriores de la profesión" [14], Anasagasti propone una revisión del Plan que suponga drástica reducción de los estudios a lo estrictamente indispensable. Atendiendo a una idea de la Arquitectura como disciplina que, dentro de su complejidad, no obedece en realidad sino a principios sencillos y elementales, plantea un método de enseñanza integral que se afirme en lo específicamente arquitectónico, que se libere de esa sobrecarga científica "que será —dice— todo lo elevada y precisa, pero que no está tan alta como la intuición constructiva que elevó la cúpula de Brunelleschi (...)" [15].

También Flórez Urdapilleta, en un informe que presenta al Claustro de la Escuela en 1922, detecta cómo la incorporación de nuevos estudios a la enseñanza de la Arquitectura "se ha hecho de un modo incoherente, sin comprender la relativa importancia de cada una de las materias, sin trabazón general, (...)", con el oscuro propósito de formar profesionales especialistas en todos los aspectos de la construcción y pretendidamente capaces, por otro lado, para encarar la globalidad del hecho arquitectónico [16].

La "simbiosis espontánea" entre las asignaturas.

Desde su condición de alumno este estado de cosas era detectado igualmente por Moya, para quien el sistema, por no estar coordinado, como más tarde se intentaría en torno al eje de Proyectos, presentaba *grandes lagunas* [17]. Existían, no obstante, mecanismos de autocorrección que venían a producirse de modo natural, sólo aplicables en la reducida escala de la Escuela de entonces. Así pues, a la letra impresa que propugnaba el Plan se superpuso una organización no escrita, de "modo intuitivo y hasta desordenado", como recuerda Moya:

> Entonces había una simbiosis espontánea entre las enseñanzas de cátedra de la Historia del Arte y la Historia de la Arquitectura, la Construcción, y los tres cursos de dibujo: "cachos", detalles (con modelado) y conjuntos. Con ello los alumnos adquiríamos un sentido vivo de la Historia, que así venía a ser nuestro verdadero fondo humanístico. Claro que para ello contaba mucho la personalidad de los profesores: don Vicente Lampérez, don Antonio Flórez, don Carlos Gato, don Juan Moya, don Manuel Zabala, y sucediendo a éste, don Teodoro de Anasagasti [18].

En el caso de los apuntes que nos ocupan queda patente esta "simbiosis espontánea" propiciada por Carlos Gato en su asignatura, tal y como reconoce Moya. A lo largo del CUADERNO se muestra cómo la construcción se implica con la historia de la Arquitectura, con la

---

[14] T. ANASAGASTI, *op. cit.*, p. 26.

[15] *Ibíd.* p. 27.

[16] Antonio FLÓREZ URDAPILLETA, "Notas para una posible reforma de enseñanza en la carrera de arquitectura", *Arquitectura*, núm. 47, marzo 1923, p. 67.

[17] L. MOYA, Comentario a "Sobre un intento de reforma didáctica (en la Facultad de Arquitectura en Roma)", de Rafael Moneo, *Arquitectura*, núm. 61, enero 1964, p. 47.

[18] *Ibíd.*, pp. 46-47.

composición, con el diseño de estructuras, con la geometría descriptiva y el dibujo... incluso, desde la identificación que va a establecer Gato entre *construcción* y *forma*, con el propio proyecto arquitectónico.

De esta manera puede comprenderse cómo la estricta división por asignaturas establecida en la programación oficial venía a corregirse fluidamente desde la docencia de cada materia. Observamos en este sentido cómo estos apuntes, procurando esa enseñanza integral, ese *saber ser* arquitecto, no posibilitan tanto una estricta capacitación en *técnica* constructiva, a la altura de la época, cómo una formación globalmente arquitectónica.

Abunda así el CUADERNO en momentos en que distintas disciplinas concurren sin solución de continuidad al estudio del hecho arquitectónico. Cabe citar como ejemplo de esta *simbiosis*, a caballo entre la construcción y la geometría descriptiva, la pormenorizada descripción de los distintos tipos de bóvedas y sus composiciones. Muy elocuente al respecto es el episodio en que se trata de las bóvedas góticas francesas y anglo-normandas; esta explicación, trasunto en lo fundamental de la de Viollet-le-Duc (y es interesante cotejar también el

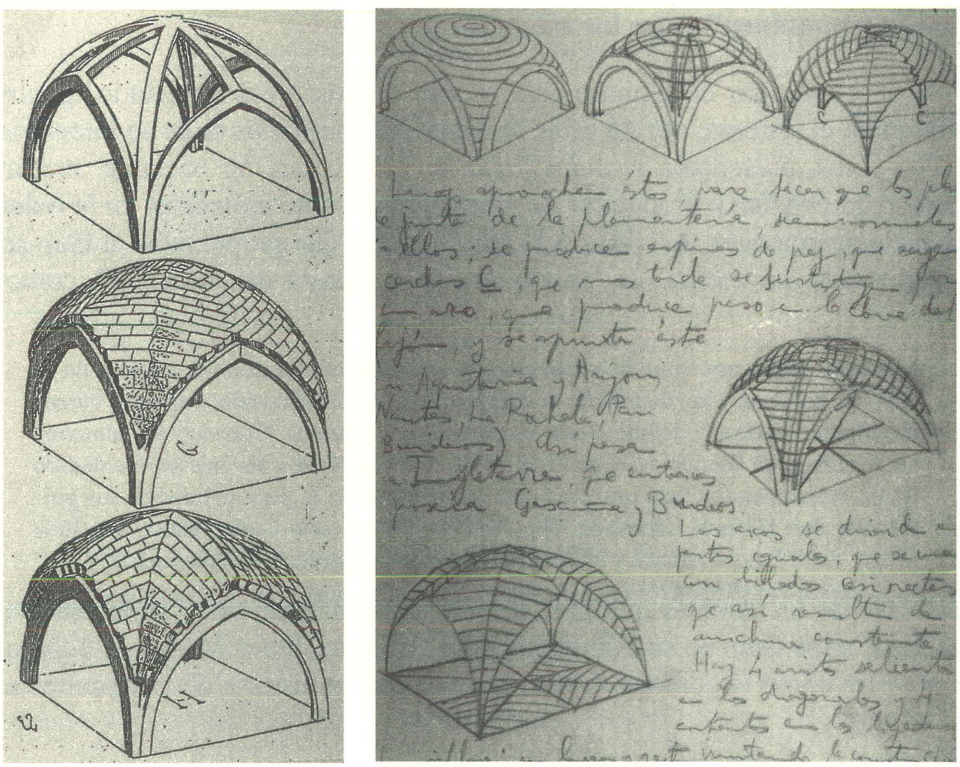


Fig. 2. E.E. VIOLLET-LE-DUC, Esquema comparativo entre las bóvedas góticas anglonormandas y francesas (*Dictionnaire raisonné de l´architecture française...*, tomo 5, p. 113). **Fig. 3.** L. MOYA, Esquema de la evolución, a partir de la bóveda vaída, de la bóveda gótica anglonormanda y comparación de ésta con la de crucería francesa (fol. 38 del CUADERNO).

paralelismo entre los dibujos), describe cómo ambos tipos de bóvedas, que se proyectan en planta según un mismo trazado, tienen una génesis distinta: a partir de la bóveda por arista, las primeras; de la bóveda vaída, y por ende de la cúpula, las segundas. En su argumentación conceptos relativos a la construcción, a la historia de la arquitectura y a la geometría descriptiva vienen a fundirse en un *continuo arquitectónico* que soslaya limpiamente las taxonomías entre asignaturas.

El equilibrio entre la enseñanza oficial y la *oficiosa*.

En consecuencia, sobre las criticadas deficiencias reglamentadas por el Plan de 1914, el sistema de enseñanza en la Escuela disponía aún de resortes que hacían razonablemente eficaz la docencia. A la *simbiosis espontánea* entre las asignaturas venía a complementar, por otro lado, tal y como recordara Moya, un "sistema de equilibrio entre la enseñanza oficial —de irremediable cuño napoleónico— y el verdadero aprendizaje realizado fuera, pero no a espaldas del profesorado de la Escuela (...) de un modo oficioso, conocido por los compañeros del alumno y por los profesores" [19]. Merece la pena transcribir estas palabras de Moya:

> La experiencia como estudiante me había enseñado que el procedimiento que seguíamos casi todos los alumnos era eficaz, aunque no fuera muy conforme con lo que se supone debe ser la enseñanza normal realizada en su totalidad en la Escuela, pues después de las horas de clase nos dedicábamos a trabajar con algún arquitecto. Con este sistema teníamos dos maestros a la vez; en mi caso, fueron verdaderos Maestros: D. Modesto López Otero en la Escuela y D. Pedro Muguruza en su Estudio. Del primero recibía lecciones magistrales desde lo alto (...). Con D. Pedro convivía a la manera antigua, presenciando los avatares de la creación de un proyecto y de su puesta en obra, así como la relación del arquitecto con su cliente y el constructor (...) [20].

Así pues, en tanto que la *tecnicista* enseñanza oficial tan sólo facilitaba la adquisición de conocimientos teóricos, tendiendo a la formación del arquitecto "por generación espontánea (...) lanzándole a la profesión sin tener idea de ella" [21], no se rompía definitivamente con el antiguo procedimiento de aprendizaje al lado de un maestro, procedimiento que para Moya se había mostrado como más eficaz a lo largo de la historia [22].

---

[19] L. MOYA, Carta abierta a Carlos de Miguel..., p. 44

[20] L. MOYA, "La experiencia de un antiguo profesor de proyectos", *Proyecto*, Pamplona, núm. 0, junio 1984, p. 5.

[21] Conferencia pronunciada por Luis Moya sobre la carrera de Arquitectura, en AAVV, *Los jóvenes ante la elección de carrera*, Madrid, Colegio de El Pilar, 1942, p. 109.

[22] *Ibíd.* Moya, no obstante, distingue cómo el sistema antiguo resultaba adecuado en aquel pretérito en que "el maestro podía enseñar todo lo necesario para la profesión, en tanto que ahora la multiplicidad de saberes que impone ésta requiere muchos profesores capaces de impartirlos". Y añade: "Lo que debe caracterizar a la Escuela es el equilibrio y la integración entre las variadas enseñanzas, de tal modo que se forma una sola entidad didáctica, que sustituye a lo que antes era un solo maestro". ("La experiencia de un antiguo profesor...", p. 7).

La "promoción de Luis Moya".

Luis Moya ingresa en la Escuela en 1921, siendo Director de la misma don Vicente Lampérez. Para los ejercicios de dibujo de que constaba el ingreso [23] se había preparado con su tío, don Juan Moya Idígoras, entonces catedrático de MODELADO Y DETALLES ARQUITECTONICOS y que en 1923, a la muerte de Lampérez, accedería (por muy breve tiempo) a la Dirección de la Escuela.

Es interesante notar, por cuanto hace al caso, la influencia que recibe Luis Moya de su tío Juan. Contrariamente a lo que pudiera parecer no es ésta de estricto carácter compositivo o formal sino marcadamente constructiva: gran admirador de las cualidades de su tío como "magnífico artesano, y hasta obrero, en cualquier oficio de los relacionados con la construcción" [24] se interesará desde muy joven por las investigaciones en torno a la construcción de bóvedas tabicadas que Juan Moya estaba emprendiendo durante el período de escasez de

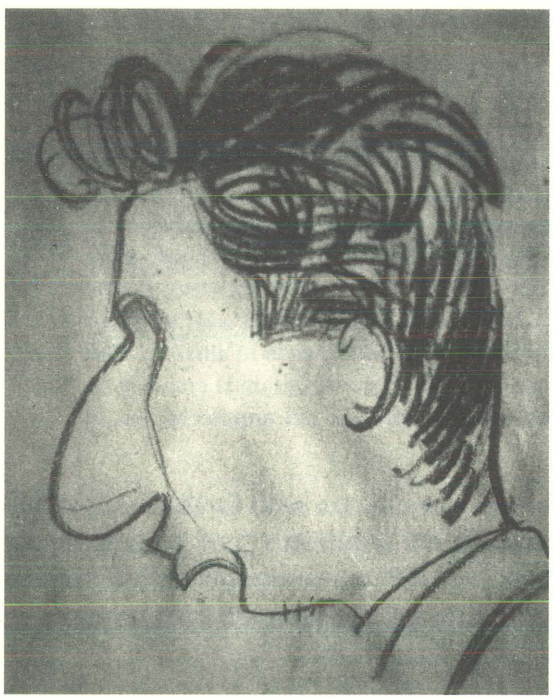


Fig. 4. J. VAQUERO PALACIOS, Caricatura de Luis Moya (1924). **Fig. 5.** Caricatura de Luis Moya dibujando en la pizarra, realizada por un compañero de clase.

[23] Véanse en el Apéndice las tres pruebas de dibujo para el ingreso en la Escuela según el plan de 1914.

[24] L. MOYA, Discurso de ingreso en la Academia de Bellas Artes de San Fernando, en *La geometría de los arquitectos griegos pre-euclidianos*, Madrid, 1953, p. 8. Véase también la reseña del homenaje a la memoria de D. Juan Moya, *Construcciones*, Madrid, núm. 36, oct-dic. 1953, p. 8.

hierro de la Primera Guerra Mundial. Los epígonos de esta influencia en Luis Moya pertenecen ya a la historia de la arquitectura española de este siglo [25].

Pero si es de su tío Juan de quien se nutre en Luis Moya la vocación por lo constructivo, por la realidad material de la arquitectura, no hay que olvidar para el correcto entendimiento de la compleja personalidad de Luis Moya otra determinante influencia: la humanista, la que, como contrapunto, le va a llevar a perseguir la parte más abstracta de la arquitectura. Esta influencia fue ejercida por su profesor de Historia en el bachillerato, el religioso marianista don Fidel Fuidio, entusiasta estudioso de lo clásico, a quien, precisamente, debe el ser arquitecto, según el propio Moya reconociera:

> (...) con tan fervoroso apasionamiento hablaba de la antigüedad clásica griega y romana, que yo, que no pensaba estudiar para arquitecto sino para ingeniero, me sentí tan entusiasmado con aquellos ejemplos que nos mostraba de Egipto, pero sobre todo de Grecia y Roma, que comprendí que el camino a seguir para mí era el de la Arquitectura [26].

De esta manera, con su vocación de arquitecto firmemente apoyada en estas dos sólidas bases, la constructiva y la humanista, Moya comienza la carrera con la personalidad *ya definida* [27], hecho que, junto a su natural afable y a su extraordinaria habilidad en el dibujo, propiciará la rápida admiración de sus compañeros de clase (José Manuel Aizpúrua, Joaquín Vaquero Palacios, Felipe López Delgado, Manuel Muñoz Monasterio, Luis Martínez Feduchi... entre los más conocidos), que llegarán a tener "a orgullo el haber pertencido, en la Escuela de Arquitectura, a la «promoción de Luis Moya» entre comillas" [28].

Con su proyecto de mausoleo para Beethoven, con el que gana el premio Aníbal Álvarez [29], termina la carrera en 1927, siendo Director de la Escuela don Modesto López Otero y Secretario, don Luis Mosteiro.

Esta promoción de 1927 participa particularmente en las dos precitadas tendencias que se cruzan en la Escuela de entonces: la de la introducción de los principios del Movimiento Moderno y la de la línea regeneracionista impulsada por la Institución Libre de Enseñanza.

Respecto a la primera es conocida la anécdota del *revuelo* que se originó en la Escuela cuando, precisamente en el curso que estamos estudiando, llevó Moya el recién publicado

---

[25] Luis Moya tendría ocasión de aplicar a mayor escala estos conocimientos durante otro período de escasez de hierro, tras la Guerra Civil, llevando al límite el desarrollo de bóvedas tabicadas. Entre otras, construye cúpulas tan significativas como la de la Universidad Laboral de Gijón, la de la iglesia madrileña de San Agustín y la del Escolasticado de Carabanchel; así como el sistema abovedado de las viviendas en hilera de Usera.

[26] Conferencia pronunciada por Luis Moya..., p. 105.

[27] Joaquín VAQUERO PALACIOS, "A la memoria de Luis Moya Blanco", *Academia*, Madrid, núm. 70, primer semestre 1990, p. 25.

[28] *Ibíd.*, p. 27. La admiración que Moya despertó entre sus compañeros de promoción queda reflejada en distintos comentarios, desde los que hacen referencia a su capacidad portentosa de dibujante ambidextro a los que recuerdan cómo, en 1923, "fue el único estudiante capaz de expresarle dudas a Einstein cuando vino a Madrid a la Residencia de Estudiantes" (Miguel Ángel ALONSO DEL VAL, "En recuerdo de D. Luis Moya", *Boletín. Noticias Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Navarra*, Pamplona, julio 1990, p. 24).

[29] Se trataba de la primera convocatoria de este premio, fundado por don Manuel Aníbal Álvarez (Director de la Escuela entre 1918 y 1920) en memoria de su padre, don Aníbal Álvarez (Director de la Escuela también, entre 1857 y 1864).

VERS UNE ARCHITECTURE de Le Corbusier; el propio Moya comentaba divertido a quien esto escribe, cómo apareció con el libro cuando se estaba ultimando una entrega de PROYECTOS y cuál fue el entusiasmo de su compañero José Manuel Aizpúrua por la nueva arquitectura que, sin dudarlo y a pesar de la urgencia de la entrega, redibujó para su proyecto unos alzados completamente "modernos"... ¡manteniendo las plantas tradicionales que ya tenía terminadas!

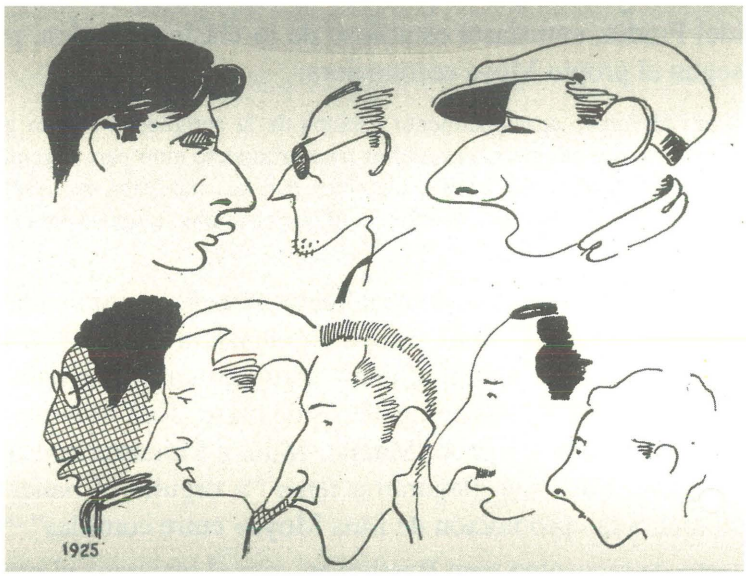


Fig. 6. F. LÓPEZ DELGADO, Caricaturas de algunos condiscípulos de Luis Moya (1925); de izquierda a derecha y de arriba abajo: Luis Moya, Luis Martínez Feduchi, Javier Barroso, Manuel Muñoz Monasterio, Octavio Bans, Miguel Ángel Esteve, José Manuel Bringas y Manuel Cabanyes (*Luna y Sol*, Madrid, núm. 13, mayo 1945, p. 31, y núm. 14, junio 1945, p. 31).

En cuanto a la segunda no es tanto de destacar la coincidencia de que la "promoción de Luis Moya" corresponda —como el propio Moya señalaba— al "famoso *año 27*" [30] sino el ambiente cultural y docente que propiciaban en aquellos años los profesores próximos a la Residencia de Estudiantes. En concreto Luis Moya no será ajeno al método científico auspiciado desde la Institución Libre de Enseñanza, en cuya revista ARQUITECTURA ESPAÑOLA publica a partir de 1925 algunos apuntes arquitectónicos del natural y levantamientos bien indicativos de esa línea metódica [31]. Por otra parte establecerá en esos años una estrecha amistad y colaboración con Moreno Villa, personalidad clave en la Residencia de Estudiantes, amigo de Buñuel y Dalí, que le aproximará al ambiente surrealista, circunstancia ésta a tener en cuenta para el entendimiento cabal de su obra.

[30] L. MOYA, "Don José Moreno Villa director de la revista *Arquitectura* durante la época de la *Generación del 27*", en AAVV, *José Moreno Villa [1887-1955]*, Madrid, Ministerio de Cultura, 1987, p. 31.

[31] Esta revista, que ya en 1922 había convocado un concurso entre alumnos de la Escuela, deja patente el interés por el dibujo aplicado al estudio de la arquitectura, con especial detalle en la popular, según propugna su director don Pablo Gutiérrez Moreno.

II. LA ASIGNATURA DE CONSTRUCCIÓN ARQUITECTÓNICA II IMPARTIDA POR DON CARLOS GATO SOLDEVILLA.

Carlos Gato y el racionalismo constructivo.

Gato, que había transcurrido buena parte de su vida en Francia, era de formación próxima a los principios de Viollet-le-Duc, contemplando la arquitectura desde una marcada racionalidad constructiva [32]. Su entendimiento de la forma arquitectónica como natural devenir del proceso constructivo va a quedar patente en el CUADERNO.

Carlos Gato Soldevilla (n. Madrid, 1879; m. Suiza, ca.1934) se titula en la Escuela de Madrid en 1906, siendo Director de la Escuela don Federico Aparici. Es precisamente con Aparici, catedrático de CONSTRUCCION, con quien comienza poco después su carrera docente en la Escuela, en calidad de profesor auxiliar. Con Aparici confirmará Gato el *sentido histórico* que, ya como titular, imprimirá luego a su asignatura.

El racionalismo constructivo de Gato es fácil de encontrar a lo largo de su quehacer como arquitecto. Obras suyas a destacar son el Pabellón del Ministerio de Fomento en la Exposición Hispano-Francesa de Zaragoza de 1908 [33]; la Escuela de Ingenieros Agrónomos de Madrid, hoy totalmente transformada tras los destrozos que sufrió en la Guerra Civil [34]; el edificio de viviendas de Zurbarán 15, premiado por el Ayuntamiento de Madrid como una de las casas mejor construídas en 1918 [35]; el proyecto de restauración de la iglesia madrileña de Montserrat, premiado con medalla de oro en la Exposición Nacional de Bellas Artes de 1920, proyecto en el que expone, con unos dibujos muy interesantes, un estudio hipotético de la idea original [36]; y el edificio del Banco Vitalicio en la madrileña calle de Alcalá, compartida la dirección con su compañero en la Escuela Luis Mosteiro. En 1927 forma parte del jurado del concurso del Palacio de la Sociedad de Naciones en Ginebra.

El edificio de la calle de Zurbarán es buena muestra para conocer el pensamiento arquitectónico de Gato. Se trata de una arquitectura que, utilizando todavía el lenguaje *historicista*, revela unas intenciones enfrentadas a las de la corriente *nacionalista* defendida a la sazón por Rucabado, incorporándose, en definitiva, a las posiciones establecidas por Torres Balbás y Anasagasti. Aquí una atenta investigación de la tradición histórica y de la arquitectura popular viene a fundir construcción y proyecto en un complejo ejercicio de composición, distante por completo del *pastiche* [37].

---

[32] Esta información me ha sido confirmada por don Víctor d´Ors, que fue alumno de Gato en el curso 1933-34.

[33] "Pabellón del Ministerio de Fomento en la Exposición Hispano-francesa de Zaragoza", *Arquitectura y Construcción*, Barcelona, núm. 190, mayo 1908, pp. 132-135.

[34] Moya, en su postrer artículo, recordaba la forma original de este edificio (L. MOYA, "La arquitectura madrileña en el primer tercio del siglo XX", *Atlántida*, Madrid, núm. 2, 1990, p. 34).

[35] "Premios concedidos por el Ayuntamiento de esta Corte a las casas mejor construídas en 1918", *La Construcción Moderna*, Madrid, núm. 24, dic. 1919, pp. 277-278 y 281.

[36] Carlos GATO, "Iglesia de Benedictinos de Montserrat-Madrid", *Arquitectura Española*, Madrid, núm. 20, oct-dic 1927.

[37] "La casa de D. Carlos Gato, en la calle de Zurbarán en Madrid", *Arquitectura*, núm. 17, septiembre 1919, p. 254.

sivas argumentaciones constructivas, los distintos tipos de bóvedas románicas y góticas hasta llegar a las complicadas configuraciones espaciales de las bóvedas de pabellón inglesas o las reticuladas alemanas.

Y esto nos lleva a otro punto. Según señala López Otero: Gato, "que explicaba, maravillosamente, su asignatura con el sentido histórico del maestro Aparici, era un encarnizado enemigo del hormigón armado" [39]. Podemos aventurar la razón de este rechazo: el hormigón armado, al permitir *definir* la resistencia del elemento con independencia a su forma, ofrece un método más ingenieril, posibilitando sistemas que disocien el binomio *construcción-forma* [40], en definitiva, un entendimiento estructural completamente distinto al que la lección de la historia hasta el momento había marcado.

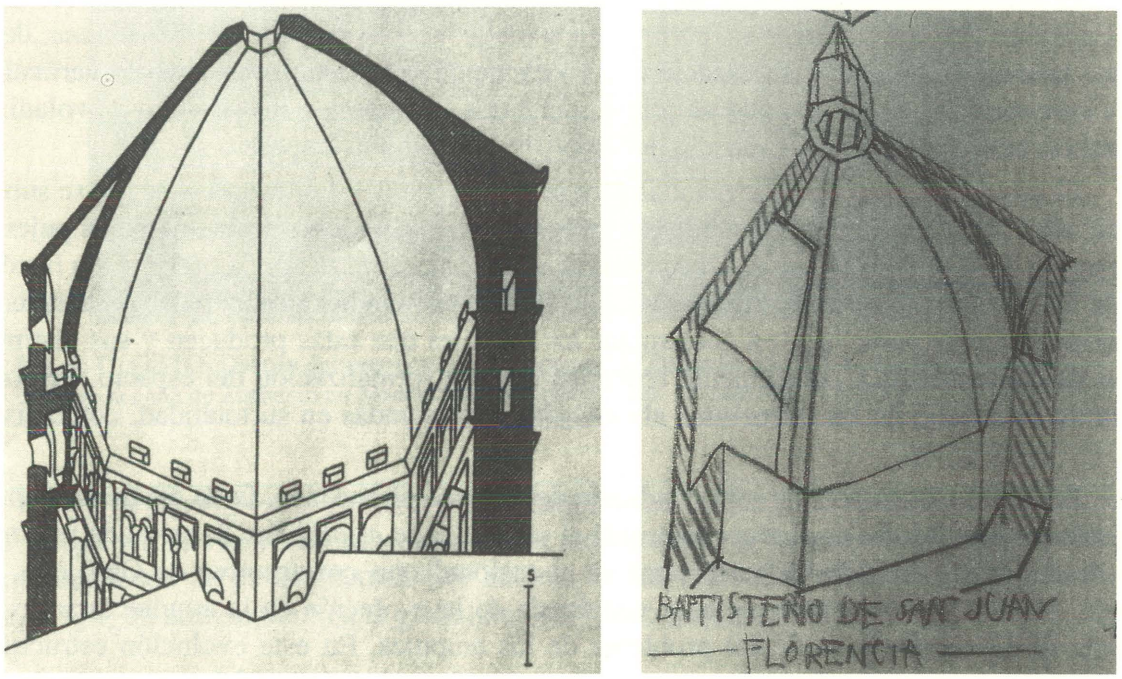


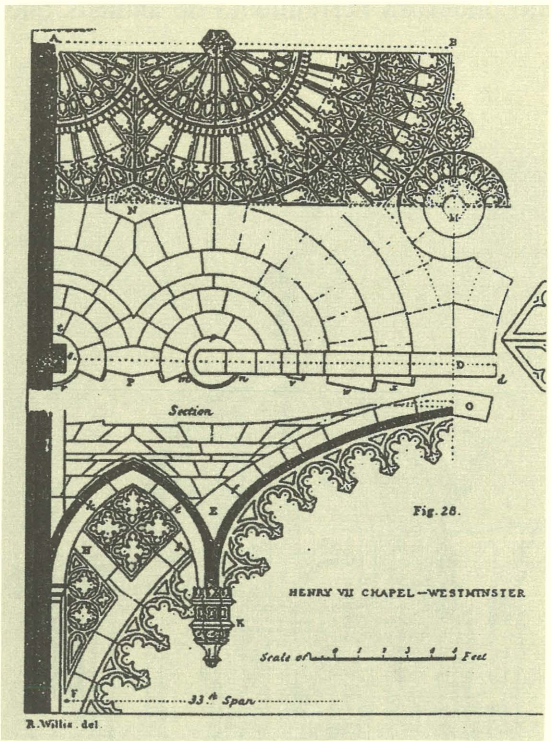
Fig. 8. A. CHOISY, Axonometría seccionada del baptisterio de Florencia, (*Histoire de l´Architecture*, París, 1899, tomo II, p. 602). **Fig. 9**. L. MOYA, Axonometría seccionada del baptisterio de Florencia (fol. 47 del CUADERNO).

[39] M. LÓPEZ OTERO, "La última lección ...", p. 4. Si bien López Otero no nombra explícitamente a Gato al hacer esta afirmación no hay duda, para quien esto escribe, de que es a él a quien se refiere. Por otra parte Moya recuerda cómo el hormigón armado se empezó a estudiar en la Escuela hacia 1926 ("Teodoro Anasagasti", *Revista Nacional de Arquitectura*, núm. 191, noviembre 1957, p. 6). Según refiere el profesor Arangoá este estudio lo inició Luis Vegas en la asignatura de *Hidraúlica* por no recargar la de *Resistencia de Materiales*, que se cursaba una año antes y de la que también era titular.

[40] Moya, sin embargo, desde sus tiempos de estudiante, se muestra muy interesado por el hormigón armado, sobre el que hace una temprana publicación ("Las vigas vierendel", *Arquitectura*, octubre 1928, p. 313) y en cuyo cálculo se especializa en el estudio de Muguruza. En su crítica al Movimiento Moderno reprocha, no obstante, cómo la estética de la línea recta, unida al empleo del hormigón armado, determinó el abandono de los sistemas abovedados, en muchas ocasiones —como él mismo demostró en su obra arquitectónica— notablemente más económicos a igualdad de resistencia ("Arquitecturas cupuliformes...", p. 111).

En otro orden de cosas, es inevitable sentir a lo largo del CUADERNO, la presencia de distintos autores, en particular la de Choisy, en todo lo tocante a bóvedas romanas y bizantinas [41], y la de Viollet, en las medievales [42]. Esta presencia es particularmente evidente en el aspecto gráfico, cuyo paralelo es interesante notar [43].

Al hacer referencia a la parte gráfica de los apuntes hay que señalar cómo el dibujo desempeñaba un papel central en esta asignatura. Carlos Gato, hijo del pintor Nicolás Gato de Lema, era un magnífico dibujante; sus clases de construcción estaban firmemente apoyadas en el dibujo: tras breves palabras de introducción, Gato comenzaba a *dibujar* sus lecciones en la pizarra [44]. De estos dibujos en tiza, que juzgamos a partir de su trasunto al lápiz de la mano de Moya, es fácil deducir su calidad y capacidad docente.



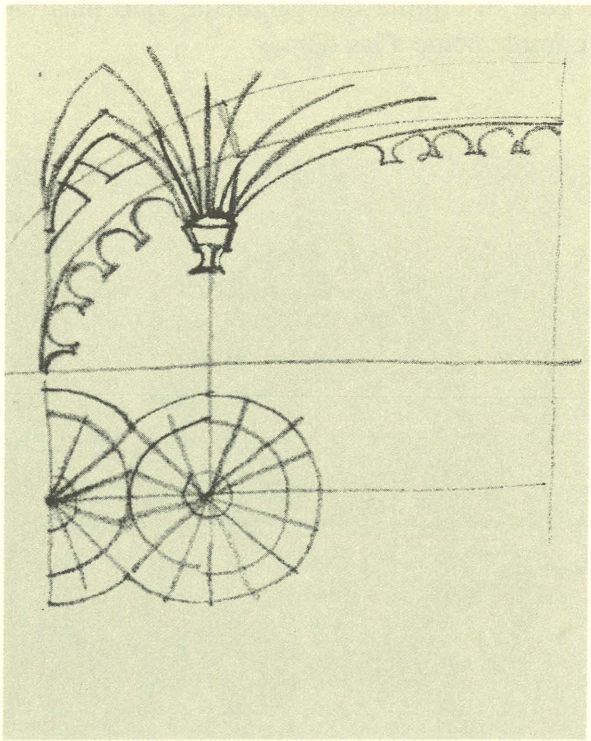


Fig. 10. R. WILLIS, Planta y sección de la bóveda de la capilla de Enrique VII en la Abadía de Westminster ("On the construction of the vaults of the Middle Ages", *Transactions of the Royal Institute of British Architects of London*, Londres, 1842, vol. I, 2ª parte, lám. I). **Fig. 11.** L. MOYA, Planta y sección de bóveda de palmera con núcleo colgante (fol. 41 del CUADERNO).

---

[41] Auguste CHOISY, *L´Art de Batir chez les Romains*, París, 1872; *L´Art de Batir chez les Byzantins*, París, 1882. También, *Histoire de l´Architecture*, Paris, 1899.

[42] Eugène-Emmanuelle VIOLLET-LE-DUC, *Dictionnaire raisonné de l´architecture française du XIe au XVIe*, París, 1868.

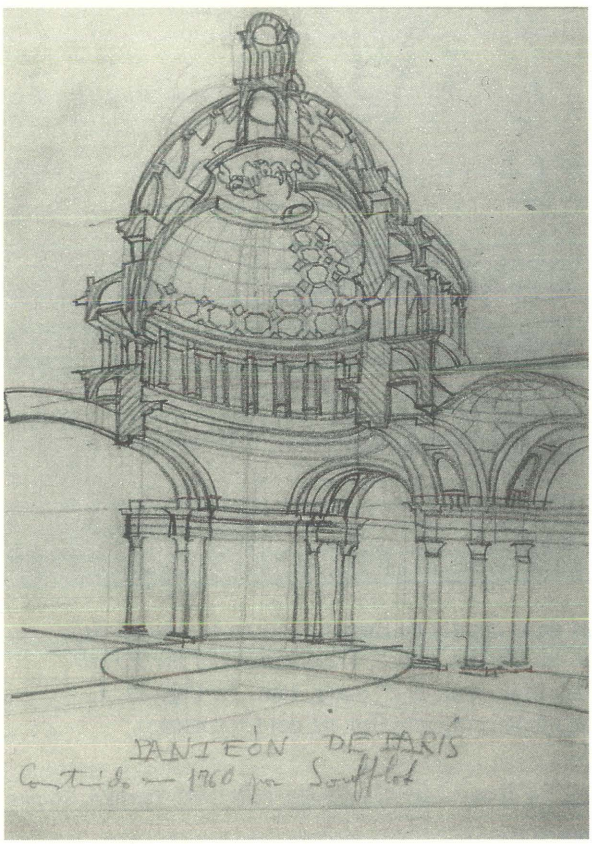
[43] Con respecto a bóvedas de abanico inglesas véase Robert WILLIS, "On the construction of the vaults of the Middle Ages", *Transactions of the Royal Institute of British Architects of London*, Londres, 1842, vol. I, 2ª parte, pp. 1-69. Sobre la cúpula de Santa María del Fiore, Josef DURM, "Zwei Grosskonstruktionen der italienischen Renaissance", *Zeitshcrift für Bauwesen*, 1887, pp. 353-374. Sobre bóvedas reticuladas alemanas, Otto WARTH, *Die Konstruktionen in Stein*, Leipzig, Gebhardt´s Verlag, 1903. (Agradezco al profesor Santiago Huerta las facilidades prestadas para consultar su biblioteca de Construcción).

[44] Esta información me ha sido facilitada por don Víctor d´Ors.

III. EL CUADERNO DE APUNTES DE LUIS MOYA: DIBUJO Y CONSTRUCCIÓN.

Dibujo y aprendizaje de la arquitectura en Luis Moya.

El dibujo era connatural al estudiante de Arquitectura de aquellos años. Su práctica era continua. Era normal que aun fuera de las horas de clase los alumnos se dedicaran a copiar detalles arquitectónicos, personas, animales... Para Moya la práctica del dibujo es necesaria no sólo —aunque capitalmente— en la formación del arquitecto: parte de considerarla de fundamental importancia en las enseñanzas primaria y media, pero —nótese bien— no tanto como disciplina independiente sino más bien como poderosa herramienta de análisis que complemente a las demás.



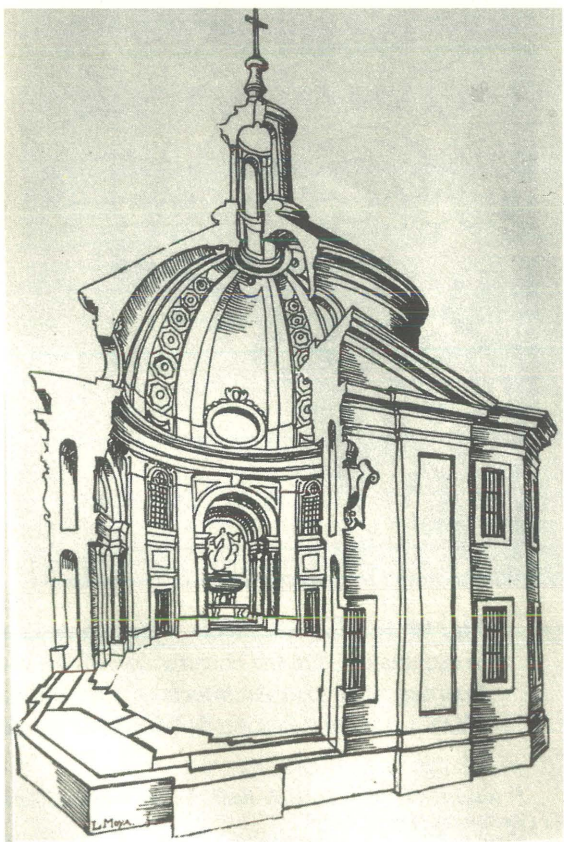
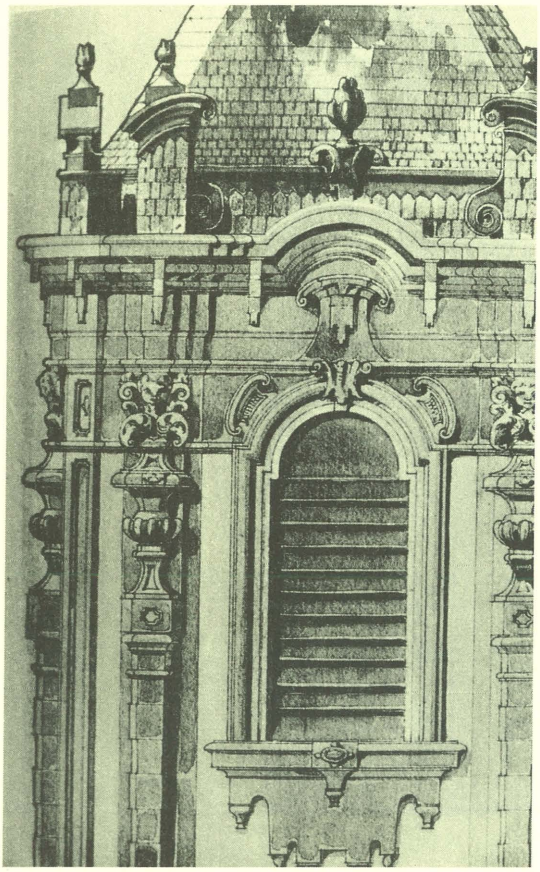


Fig. 12. L. MOYA, Perspectiva seccionada del Panteón de Paris (fol. 53 del CUADERNO). **Fig. 13.** L. MOYA, Perspectiva seccionada de la iglesia de San Pedro de Alcántara (1926).

Este sentido propedéutico de la práctica del dibujo, es aplicado por Luis Moya en su aprendizaje de la arquitectura. Es el sentido que vamos a ver reflejado en este CUADERNO de apuntes y el que va a propiciar la enorme producción de dibujos de sus tiempos de estudiante, recogidos en cuadernos de bolsillo, en los que puede decirse que se ha ido formando su pensamiento arquitectónico y a cuyo poso se remite en los últimos años de vida cuando, haciendo repaso de su larga trayectoria de profesor de proyectos, escribe:

> (...) Todo ello queda en la memoria consciente y subconsciente, como un tesoro de sabidurías, más que de conocimientos; del depósito de la memoria los saca el artista sin saberlo o a sabiendas, y para ayudarle el profesor usa de la mayéutica, (...) [45].

Muchos de estos dibujos *extraescolares*, tomados siempre del natural y a menudo de arquitecturas próximas a la calle de los Estudios, van siendo publicados de manera regular, de 1923 a 1929, en la revista de su antiguo colegio, acompañados de un pequeño artículo de



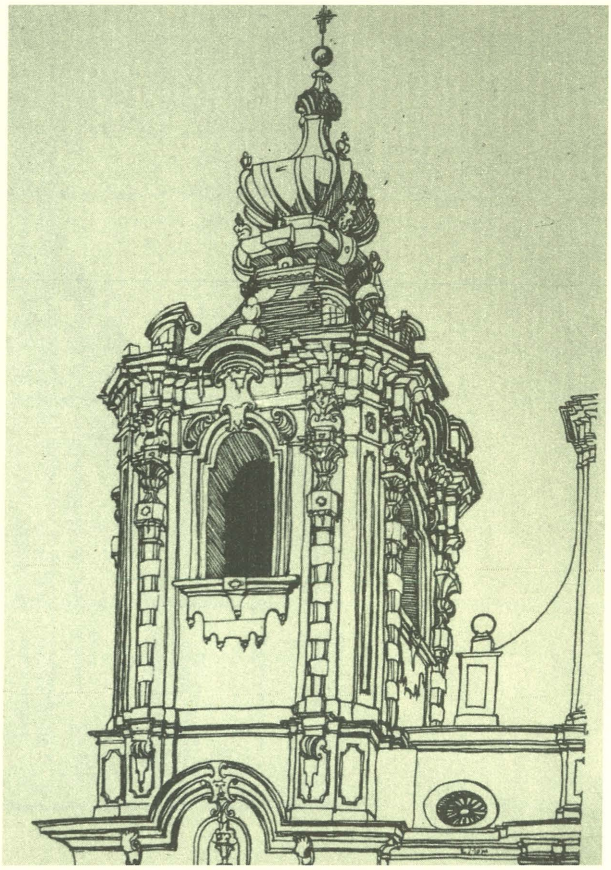


Fig. 14. C. GATO, Detalle de la torre de la iglesia madrileña de Montserrat (1920) (*Arquitectura Española*, núm. 20, oct-dic 1927). **Fig. 15.** L. MOYA, Torre de la iglesia de Montserrat (1924).

[45] L. MOYA, "La experiencia de un antiguo profesor...", p. 6.

su propia mano [46]; pero conviene señalar cómo estos dibujos, que aparentemente son realizados para su publicación desde un interés divulgativo, encierran todo un método de análisis y estudio exhaustivo del monumento, suponiendo cada dibujo publicado numerosos esquemas constructivos, detalles, levantamientos...

Interesantes de cotejar con los del Cuaderno, estos *dibujos constructivos* (alguno, como el del estudio que en 1924 hace de la madrileña iglesia de Montserrat, no ajeno a los ya emprendidos por su profesor Gato [47]) constituían un complemento y natural prolongación de las lecciones de construcción que paralelamente recibía en la Escuela. Es curioso notar a

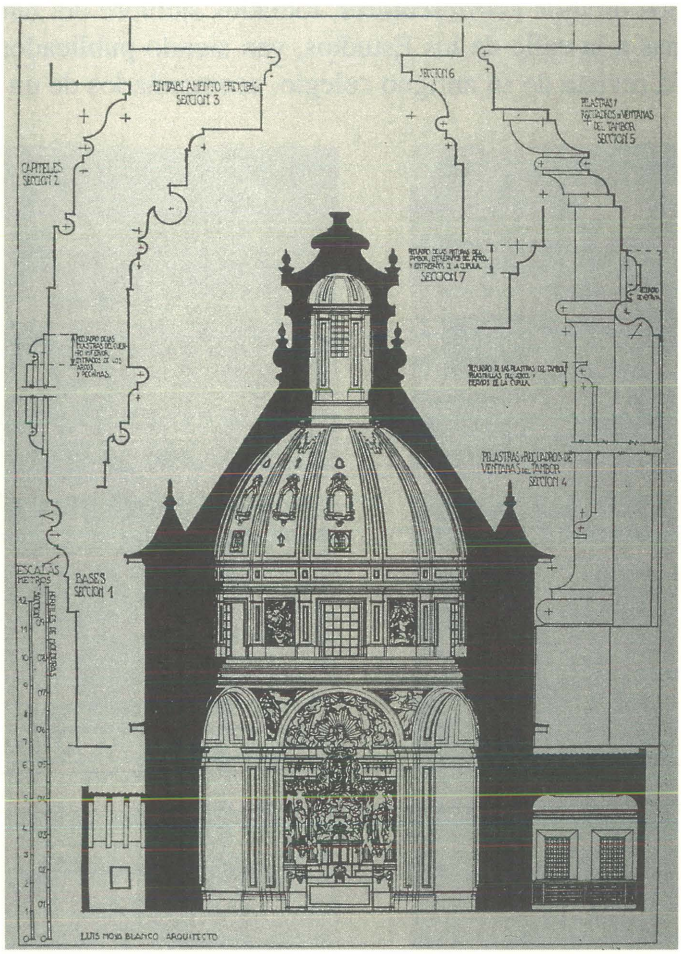


Fig. 16. L. MOYA, Sección general y detalles de molduras de la capilla de Nuestra Señora de la Portería en Ávila (1927).

[46] Véase Javier GARCÍA-G. MOSTEIRO, "Los distintos usos del dibujo de arquitectura en Luis Moya Blanco", *Academia*, en prensa. El extracto en AAVV, *Actas del IV Congresos Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica*, Valladolid, Grapheus, 1992., pp. 59-63.

[47] *Cfr.* nota 36.

este respecto cómo junto a su proyecto fin de carrera publica en ARQUITECTURA ESPAÑOLA el excelente trabajo de levantamiento de la Capilla de Nuestra Señora de la Portería en Ávila, trabajo que se ha llegado a considerar como la única investigación seria sobre este monumento de Ribera [48] y que vendría también a culminar ese otro aprendizaje paralelo.

A esta finalidad de aprehensión de lo arquitectónico a través del dibujo colaboraban activamente los viajes de estudios. Cuando Moya comenzó la carrera se acababa de retomar, frente a la línea más *turística* de los inmediatos cursos anteriores, la antigua práctica de que el profesor con un grupo de alumnos pasara una temporada en un lugar estudiando exhaustivamente un monumento, cuyos análisis gráficos y levantamientos eran objeto de una posterior exposición en la Escuela [49]. Este nuevo enfoque, de encuentro inmediato con la realidad, se ajustaba más a la propuesta de la línea regeneracionista (la denominada "intuitiva" de la Institución Libre de Enseñanza) y, en concreto, con lo que propugnara Torres Balbás:

> (...) hay que sacar la enseñanza de la historia de la cátedra, quitándole su aspecto exclusivamente verbal y erudito, complementándola con el estudio gráfico y directo de los monumentos. Todas las explicaciones teóricas sobre el barroco madrileño, por ejemplo, dadas aun delante de los edificios que lo representan, no adquirirían su máximo valor docente hasta que los alumnos no hayan levantado la planta de un monumento de ese estilo, dibujado una puerta, un perfil, un pináculo, un detalle cualquiera de él [50].

La devoción con que Moya se entregaba en estos viajes al dibujo, consciente ya de cómo esa "afición a ver y analizar buena arquitectura" [51] constituía base segura para su formación como arquitecto, sería recordada admirativamente por sus compañeros de promoción años más tarde. Así López Delgado escribía:

> Yo recuerdo haber visto a Luis Moya, en viaje de estudios y contando sólo veinte años de edad, salir por la puerta de un hotel provinciano, provisto de block y caja de acuarela a las once de la noche y en plenas fiestas de Carnaval, cuando todos salíamos armados con bolsas de *confetti* y paquetes de serpentinas. Sus acuarelas nocturnas, todavía húmedas de sombra y azul de Prusia constituían, a la mañana siguiente, una nueva admiración que añadir (...) [52].

Forma y construcción en el pensamiento arquitectónico de Moya.

A la racionalidad constructiva que Carlos Gato defendiera a lo largo de sus lecciones en la Escuela no es extraño el vínculo que su alumno Luis Moya llegaría pronto a establecer entre *construcción* y *forma*. Ya en este curso que nos ocupa el joven Moya cifra muy clara-

[48] Alfonso RODRÍGUEZ G. DE CEBALLOS, "Francisco Borromini y España", en Giulio Carlo ARGAN, *Borromini*, Madrid, Xarait, 1987, p. 33.

[49] "La exposición de trabajos de los alumnos de la Escuela Superior de Arquitectura de Madrid", *Arquitectura*, núm. 45, enero 1923, p. 17. Algunos de esos trabajos son publicados en *Arquitectura Española.*

[50] Leopoldo TORRES BALBÁS, "La enseñanza de la Historia de la Arquitectura", *Arquitectura*, núm. 46, febrero 1923, p. 40.

[51] Véase en el Apéndice el comentario al Plan de Estudios que hace Luis Moya en 1925.

[52] Felipe LÓPEZ DELGADO, "Arquitectos contemporáneos. Luis Moya", *Luna y Sol*, Madrid, núm. 17, septiembre 1945, p. 29.

mente la aptitud para ser arquitecto en ese *instinto de constructor*, en la percepción refleja de la precisa adecuación entre construcción y forma, "en saber apreciar sin cálculo ni razonamiento, si cada parte de una construcción tiene o no condiciones para resistir la carga que soporta" [53]; apreciación ésta mucho más próxima al orden estable y *constructivo* de la arquitectura que al estrictamente resistente y *técnico* [54].

En efecto, como explica Capitel, la construcción no constituye para Moya un "campo auxiliar, sino un problema específico de arquitectura", de manera que la correspondencia entre construcción y forma supera la simple *adecuación técnica* y llega a fundamentar el todo arquitectónico [55]. Establece en este sentido la distinción entre construcción y técnica, negando a ésta lo que a aquélla exige, esto es, la capacidad de formalizar espacio arquitectónico. Moya no considera la técnica sino como aplicación a la arquitectura de los ajenos *medios ingenieriles*, desde una posición subordinada, de tal manera que cuando éstos son utilizados como principio, se llega a subvertir la esencia misma de lo arquitectónico [56].

Este entendimiento de lo constructivo, que en cierta forma abona su distanciamiento del Movimiento Moderno, es determinante en Moya: el binomio *construcción-forma*, como unidad simbólica significante, viene desde la tradición heredada a asimilarse en lo subconsciente y sienta la base vitrubiana de la arquitectura [57].

Desde estas premisas es fácil aventurar que el interés de Luis Moya por las bóvedas parece abrigarse en este principio de identificación entre forma arquitectónica y construcción, principio que los sistemas abovedados exigen prioritariamente, al estilo romano.

Pero la arquitectura *adintelada*, dentro del lenguaje clásico utilizado por Moya, nos va revelar la contradicción: para él la arquitectura griega es el divorcio entre forma y construcción, así escribe "(...) casi nada en este estilo adintelado es justificable racionalmente, ni como construcción ni como utilidad" [58]; sin embargo, a la vocación *constructiva* de Luis Moya se va a superponer esta otra vocación *abstracta*, mostrándonos la complejidad de su figura, según nota Capitel:

> Es el Moya que podemos llamar *romano*, tentado a dejarse llevar por el entendimiento inherente a la identificación entre construcción y arquitectura. Pero, simultáneamente, estará siempre presente el Moya *griego*, que entiende la arquitectura

---

[53] Véase nota 51.

[54] En una tertulia organizada por la revista *Proyecto* en el café Niza de Pamplona el 11 de mayo de 1984, Luis Moya recordaba al respecto una visita que realizó cuando era estudiante al entonces en construcción edificio del Círculo de Bellas Artes: "(...) las grandes vigas de la parte del teatro, con luces enormes, apoyaban cada una en un par de pilares -dos pilares en cada lado que estaban separados un par de metros- y en vista de eso, el apoyo de la viga gigantesca -era de una altura de 1´50 m, triangulada, pesadísima- apoyaba en una vigueta de doble T: ¡por las buenas! Como no tenía más que un par de metros de luz escasos, pues no necesitaba más. Ahora, el efecto de aquello, antes de cubrirlo de escayola, era verdaderamente repugnante y, sin embargo, estaba bien" ("Sobre la arquitectura", *Proyecto*, Pamplona, núm. 0, junio 1984, p. 40).

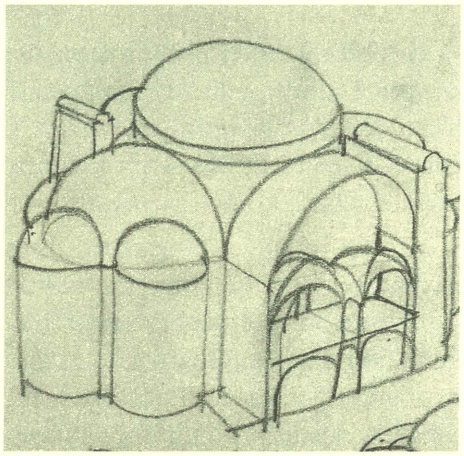
[55] Antón CAPITEL, *La arquitectura de Luis Moya Blanco*, Madrid, Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid, Madrid, 1982, p. 39.

[56] *Ibíd.*, p. 40.

[57] A este respecto véase L. MOYA, *El código expresivo en la arquitectura actual*, Pamplona, Universidad de Navarra, 1971.

[58] L. MOYA, "Sobre el sentido de la arquitectura clásica", en AAVV, *Tres conferencias de arquitectura*, Madrid, Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid, 1978, p. 11. Véase también el comentario que hace a la construcción del Partenón en "Sobre la arquitectura", *Proyecto*, núm. 0, junio 1984, p. 40.

como un orden mental, tectónico y sintáctico, en el que la construcción cumple el papel de medio congruente, pero doblegado a tal orden [59].



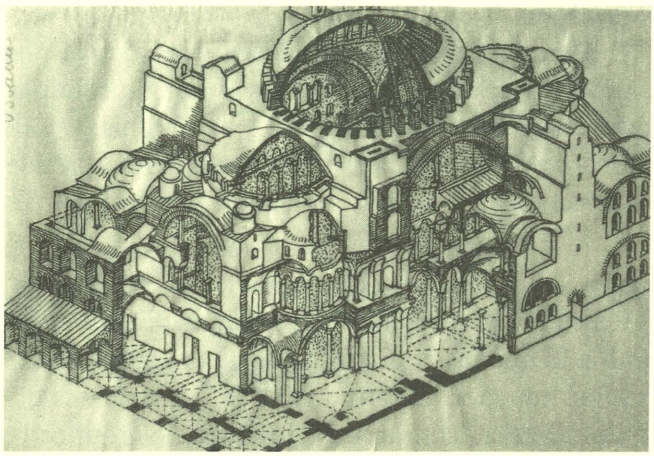


Fig. 17. L. MOYA, Esquema de Santa Sofía de Constantinopla (fol. 69 del CUADERNO). **Fig. 18.** L. MOYA, Axonometría seccionada de Santa Sofía de Constantinopla (*Bóvedas tabicadas*, p. 63).

Esta naturaleza *geminada* del pensamiento arquitectónico de Luis Moya, naturaleza ya apuntada más arriba al tratar de la doble base de su vocación y que tan claramente se puede apreciar en su obra arquitectónica, queda también reflejada en sus permanentes objetos de investigación. Si su interés por lo constructivo, por la realidad física de la arquitectura, ocupa buena parte de sus escritos, a destacar su magnífico tratado BOVEDAS TABICADAS [60] (cuya presciencia late ya en este Cuaderno), su perenne atención a esa otra realidad abstracta urde el contrapunto en sus muchos estudios en torno a la geometría de la arquitectura griega, que contempla como sistema de proporciones cuando escribe —citando a San Agustín—: "(...) los números no sólo aparecen en las cosas, sino que las crean" [61].

Como San Agustín, tan presente en su pensamiento, Moya se sitúa en un punto de inflexión; al igual que él —dice Moneo— "(...) Moya oscila entre el más exacerbado realismo y el idealismo más desaforado, intentando, en un ambicioso e imposible propósito, el conciliar ambos en su arquitectura" [62].

* * *

[59] A. CAPITEL, *op. cit.*, p. 41.

[60] *Bóvedas tabicadas*, Madrid, Dirección General de Arquitectura, 1947.

[61] L. MOYA, "Tradicionalistas, funcionalistas y otros (II)", *Revista Nacional de Arquitectura*, núm. 103, julio 1950, p. 323.

[62] J.Rafael MONEO, Prólogo a *La arquitectura de Luis Moya Blanco*, de Antón Capitel, p. 10.

Como al principio queda dicho, se pretende con la publicación de estos apuntes la recuperación de una parte, bien significativa, de la enseñanza de la arquitectura en la Escuela, y a tal objeto hemos intentado establecer las coordenadas a las que referir este CUADERNO.

Pero hay más: desde nuestra perspectiva podemos columbrar estos primeros pasos de Luis Moya en el aprendizaje de la construcción arquitectónica a la luz de sus realizaciones posteriores. Es difícil adentrarse en el amable y pequeño tratado de bóvedas que este CUADERNO conlleva sin perder de vista los sorprendentes logros de Luis Moya en torno a la construcción de bóvedas tabicadas, la talla imponente que alcanzaría como *constructor*.

Y esta perspectiva nos viene a confirmar lo que este CUADERNO ya avanza: de qué manera estos apuntes de estudiante, la inteligencia de su dibujo, dejan patente esa "verdadera aptitud" para llegar a ser arquitecto, esa *intuición constructiva* que parece aproximarse tanto a la que propugnara Anasagasti como objeto fundamental de la enseñanza de la arquitectura, intuición constructiva que, en palabras de Fernández Alba, hace enlazar el nombre de Luis Moya "con la mejor escuela de arquitectos españoles, desde los anónimos maestros medievales, a los Egas, Gil de Hontañón, Villanueva, Gaudí o Antonio Palacios" [63].

Valga pues este CUADERNO como huella de esos primeros pasos dados por Moya en busca del conocimiento de la Arquitectura, pasos que le habrían de llevar a una larga y fecunda aventura intelectual, mantenida siempre, no detenida sino por la muerte.

Javier García-Gutiérrez Mosteiro

Profesor asociado ETSAM
Cátedra de Geometría Descriptiva

[63] Antonio FERNÁNDEZ-ALBA, Comentario a *La arquitectura de Luis Moya Blanco*, de Antón Capitel, *Arquitectura*, núm. 237, julio-agosto 1982, p. 73; *cfr.*, del mismo autor, "Luis Moya Blanco. Maestro en el recuerdo", *Academia*, núm. 70, primer semestre 1990, p. 74.

APUNTE BIOGRÁFICO DE LUIS MOYA BLANCO*.

Hijo del ingeniero de caminos don Luis Moya Idígoras y de doña Ester Blanco Jaureguiberri, Luis Moya Blanco nace en Madrid, el 10 de junio de 1904.

Realiza sus estudios de bachillerato en el madrileño colegio de El Pilar, donde va a confirmar la vocación humanista que le llevará a ser arquitecto.

Ingresa en la Escuela de Arquitectura en 1921, cursando brillantemente sus estudios. Paralelamente trabaja en el estudio de don Pedro Muguruza. Se titula en 1927 obteniendo el premio Anibal Álvarez.

Al tiempo que empieza el ejercicio libre de la profesión, trabaja como arquitecto de la contrata en las obras del Edificio Capitol y se presenta a varios concursos. Entre ellos es de destacar el concurso internacional del Faro a la Memoria de Cristobal Colón en Santo Domingo, al que se presenta en 1929 junto a su compañero de promoción Joaquín Vaquero Palacios. El hecho de que su proyecto quede clasificado para la segunda fase de tan señalado concurso, en el que llegaría a conseguir finalmente el tercer premio, confirma su nombre, ya desde los mismos comienzos de su andadura profesional, entre los arquitectos españoles de prestigio. Significativamente, ya en ese mismo año, resulta elegido, junto a Blanco Soler y Luis Lacasa, para el jurado del concurso de la Vivienda Mínima.

Con ocasión del concurso del Faro de Colón emprende un viaje por América del Norte y Central que, al descubrirle las culturas azteca y maya, dejará honda huella en su pensamiento. Realiza también un viaje por Europa Central.

En 1930 es nombrado arquitecto conservador de la Biblioteca Nacional.

Contrae matrimonio en 1934 con doña Concepción Pérez Masegosa.

---

* Para conocimiento de su obra arquitectónica consúltese la tesis de Antón Capitel, *La arquitectura de Luis Moya Blanco*, Madrid, Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid, 1982.

En 1936 gana la Cátedra de COMPOSICION ELEMENTAL en la Escuela de Arquitectura de Madrid, que no llegará a desempeñar hasta después de la Guerra Civil. Durante ésta concibe la serie del SUEÑO ARQUITECTONICO PARA UNA EXALTACION NACIONAL, muy interesante ejercicio dibujístico que aun correspondiente al orden de las ideas contiene todos los elementos definitorios de una arquitectura construída. En él retoma la influencia de las antiguas culturas, tras la experiencia americana, conjugándolas con su ya definitiva apuesta por el lenguaje clásico.

Este lenguaje de morfología clásica, desde una complejidad que no permite reducirlo a un *clasicismo*, es el que utilizará hasta bien avanzada su carrera. El otro invariante de Moya, su marcado interés por lo constructivo, también va a quedar tempranamente constatado: ante la escasez de hierro y cemento en los años de la postguerra, retoma la práctica de los oficios tradicionales y, en particular, de las bóvedas tabicadas (ya observada en su tío, Juan Moya Idígoras, durante la Primera Guerra Mundial), llevándolas a un sorprendente extremo, y dejando registrada la experiencia conseguida en su tratado BOVEDAS TABICADAS, que se publica en Madrid en 1947.

Durante estos años se hace cargo de distintos proyectos para la Junta de Reconstrucción de Madrid y gana el concurso de la Cruz de los Caídos. A lo largo de los años cuarenta y cincuenta tiene lugar su producción arquitectónica más significativa, la que conjuga el lenguaje clásico con la investigación constructiva, con obras tan señaladas como el Museo de América, el Escolasticado de Carabanchel, la iglesia madrileña de San Agustín, la Universidad Laboral de Gijón y la de Zamora... Su enfrentamiento al Movimiento Moderno no sólo quedará patente en sus construcciones: artículos como "Tradicionalistas, funcionalistas y otros", publicado por la REVISTA NACIONAL DE ARQUITECTURA en 1950, dan buena cuenta de sus posiciones teóricas.

En 1953, a propuesta de Eugenio d´Ors, Luis Bellido y Enrique Lafuente, es elegido Académico de Bellas Artes, para cubrir la vacante de su tío Juan Moya. Su discurso de ingreso, "La geometría de los arquitectos griegos preeuclidianos", es contestado por el propio d´Ors. Activo participante en la vida de la Academia, pertenece a distintas comisiones y elabora en su seno multitud de informes así como su renombrado LIBRO BLANCO SOBRE LA ENSEÑANZA. En su Boletín publicará no pocos ensayos, siendo de destacar su erudita "Relación de diversas hipótesis sobre las proporciones del Partenón".

Con la década de los sesenta, manteniendo aún un vivo interés por las bóvedas tabicadas, su alfabeto clásico gira hacia el lenguaje de la arquitectura moderna con obras como las madrileñas de la Capilla del Niño Jesús, el Colegio Mayor Chaminade, el centro parroquial de Santa María Madre de la Iglesia y el de Nuestra Señora de la Araucana.

En 1960 se hace cargo, como redactor-jefe, de la revista ARQUITECTURA, de la que es director Carlos de Miguel. En 1963, año en que publica en la revista su célebre estudio "La composición arquitectónica de El Escorial", renuncia al cargo tras ser nombrado Director de la Escuela.

Durante los tres años reglamentarios, hasta 1966, ocupa la Dirección de la Escuela, teniendo que hacer frente a nuevos y no pocos problemas: el aumento masivo del alumnado, el comienzo del movimiento político en la Universidad, la redacción del nuevo plan de 1964 según las exigencias del Plan de Desarrollo y el consiguiente debate sobre la conveniencia de la especialización del arquitecto.

Tras hacerse cargo, con la Dirección de la Escuela, de la cátedra de PROYECTOS se jubila en 1970; no obstante su vocación docente le anima a continuar en la enseñanza privada, ocupándose de la asignatura de ESTÉTICA Y COMPOSICION en la Escuela de la Universidad de Navarra, cuyas enseñanzas quedarán recogidas en su libro CONSIDERACIONES PARA UNA TEORIA DE LA ESTÉTICA, publicado póstumamente por esa Universidad. En 1986, con ocasión de los cincuenta años de cátedra, se le rinde un homenaje público en esta Escuela.

A su vasta obra arquitectónica hay que añadir una ingente producción de ensayos y dibujos, que viene a matizar la figura del gran arquitecto con la del gran pensador y la del gran dibujante.

Continuando su vocación docente (prolongada en conferencias, escritos, direcciones de tesis doctorales...) hasta sus últimos días murió el 25 de enero de 1990, habiendo donado su cuerpo a la Ciencia.

J.G.M.

EL CUADERNO Y SU TRANSCRIPCIÓN.

La oportunidad de publicar en facsímil estos apuntes se ha visto facilitada por el hecho de que se encontraran en relativo buen estado de conservación y perfectamente ordenados en un cuaderno.

El cuaderno, de 274 mm de alto x 218 mm de ancho, consta de cien páginas, íntegramente dedicadas a estos apuntes de CONSTRUCCION ARQUITECTONICA II. El tipo de papel es de grano fino, color hueso, con filigrana "S TORRAS DOMENECH/BONMATI GERONA". Conserva la cubierta anterior, en cartulina más oscura.

Todos los apuntes, tomados sólo en una cara de la hoja, están realizados con lápiz de grafito muy blando, circunstancia ésta que ha hecho que algunas figuras se hallen desdibujadas en parte. En la segunda mitad del CUADERNO aparecen incidentalmente algunos trazos en lápiz rojo, normalmente relativos a rayados de sección, indicación de vectores y líneas auxiliares.

Aventurando la rapidez con que habrían de ser tomados los apuntes es de notar de qué manera el dibujo sabe componer la estructura de cada hoja, acomodándose el texto a los espacios restantes sin perder la oportuna referencia a la figura que glosa.

Para una mayor comodidad en la lectura del CUADERNO se ha optado por la transcripción completa del texto manuscrito. Comoquiera que los apuntes están tomados sólo a una cara de la hoja, se ha aprovechado esta circunstancia para incluir en las caras pares la transcripción, de tal suerte que pueda cotejarse simultáneamente ésta con el texto original. En el ángulo superior derecho de estas caras pares aparece identificado el número de folio del CUADERNO.

La transcripción realizada ha respetado en todo la morfología del texto original. En este sentido se han mantenido los caracteres que aparecen en mayúsculas, subrayados, entre paréntesis... así como, en la medida de lo posible, las relaciones de continuidad entre párrafos que aparecen *acomodados* entre los dibujos.

Bajo la transcripción, con caracteres en cursiva, se introduce la descripción de la parte gráfica de los apuntes. Se ha identificado cada dibujo con arreglo a un orden establecido por dos números: el primero hace referencia al número de folio del CUADERNO; el segundo, a su posición en cada folio, siguiendo siempre que ha sido posible el sentido de izquierda a derecha y de arriba abajo. (Nótese que en algunos casos un mismo número puede referirse a varios dibujos: una planta y la sección correspondiente, un aspecto general y su detalle, etc.)

Para facilitar en algunos casos el estudio del CUADERNO se han incluído en el texto de la transcripción llamadas a las correspondientes figuras, diferenciándose sus caracteres en cursiva.

Se ha elaborado, finalmente, un sumario del CUADERNO así como dos índices del mismo: uno es temático; el otro, onomástico, incluye nombres propios personales y toponimias, con detalle en su caso de los monumentos citados.

J.G.M.

SUMARIO DEL CUADERNO

La paginación hace referencia a los folios del CUADERNO.

TECHOS DE FÁBRICA

SISTEMAS ADINTELADOS 2

TEMPLOS EGIPCIOS 2
TEMPLOS GRIEGOS 3
SISTEMAS EN VOLADIZO 4
FLECHAS DE PIEDRA 5
TECHOS DE SIRIA CENTRAL 9

SISTEMAS ABOVEDADOS

BOVEDAS ROMANAS 9
cilíndrica 10
por arista 11
esférica 12
ligeras 13

BOVEDAS BIZANTINAS
cilíndrica 14
de aparejo cónico 15
por arista 16
vaída 18
esférica 19
sobre trompas 20
sobre pechinas 22

BOVEDAS MEDIEVALES
prerrománicas 23
románicas 25
góticas 30
francesas 37
inglesas 37
alemanas 41

CUPULAS
Baptisterio de Florencia 47
Santa Maria del Fiore 48
San Pedro de Roma 50
Inválidos de París 51
Panteón de París 52
San Pablo de Londres 54

BOVEDAS MODERNAS DE LADRILLO
simples
cilíndricas 55
cónicas 57
esféricas 57
elipsoidales 59
compuestas
por rincón 60
esquifada 61
de espejo 61
de lunetos 62
sobre arcos apuntados 64
por arista 65
de témpanos esféricos 67
CONTRARRESTOS 67
procedimiento romano 68
procedimiento de la Edad Media
contrafuertes 71
arbotantes 79

TECHOS DE MADERA

ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE MADERA 86
APOYO DE FORJADOS 87
HUECOS EN TECHOS DE MADERA 90
VIGAS MAESTRAS 90
ARTESONADOS
ENTRAMADOS SENCILLOS 94
ARTESONADOS CON ESTRUCTURA SEMIAPARENTE 96
SUELOS DE SERLIO 97
CIELOS RASOS
SUELOS MACIZOS 98
PISOS HUECOS 99

APUNTES DE CONSTRUCCIÓN

r.r.l.

CONSTRUCCIÓN

L Moya

Madrid Villanueva 26

(fol. 2)

CONSTRUCCIÓN

Realización de un edificio, con elementos:
activos: estructuras
complementarios.
Estructura:
partes que reciben cargas sustentantes
que las producen.

SUELOS Y TECHOS: Suelo: elemento divisorio de la altura, dentro del volumen del edificio.

Techo: limitación por la parte superior. Se hacen de piedras naturales o artificiales, madera, hierro y hormigón armado.

TECHOS DE PIEDRA

Producen cargas:
verticales (I)
oblícuas (II)

(I) Sistemas adintelados, con limitaciones por la longitud de las piedras y la colocación. Sus juntas dan paso al agua. Poca luz si hay muchas crujías.

TEMPLO DE LUKSOR

2.1. *Esquemas de sistemas adintelados (plantas, con indicación de luces, y alzados).*
2.2. *Sección de sistema adintelado con indicación de la iluminación natural por paredes extremas.*
2.3. *Sección transversal de templo egipcio.*

— CONSTRUCCIÓN —

Realización de un edificio, con elementos { activos: estructura / complementarios

Estructura { Partes que reciben cargas: sustentantes / que los producen

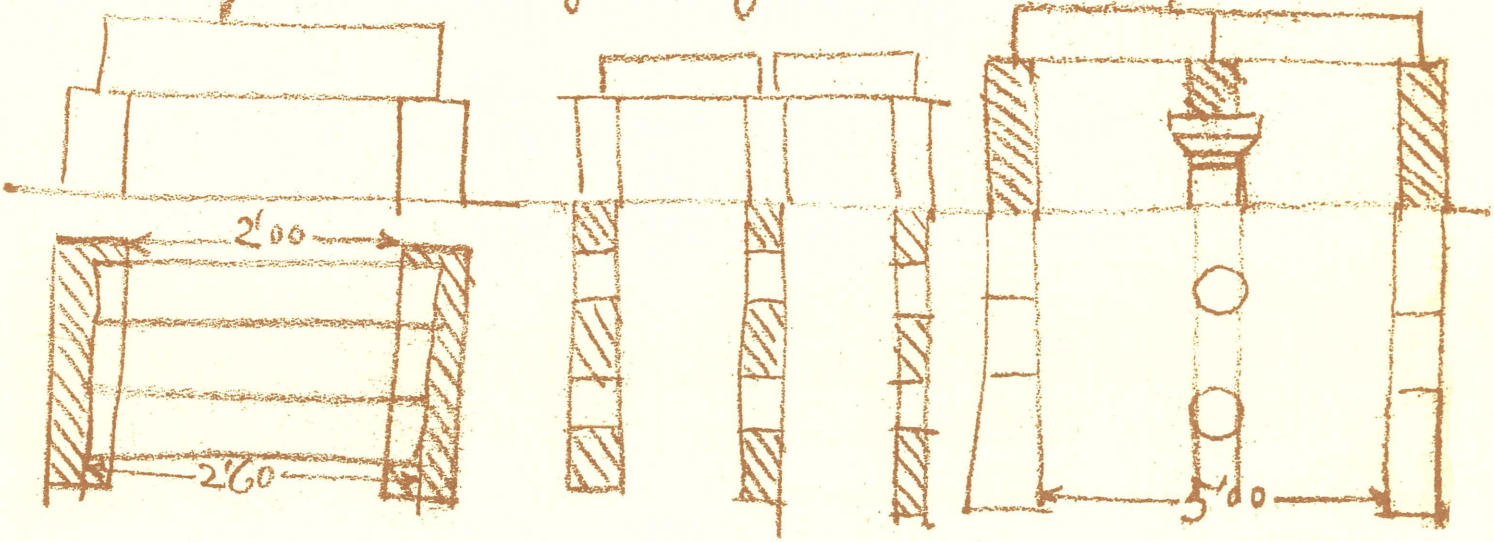
SUELOS Y TECHOS: Todo elemento divisorio de la altura del volumen del edificio

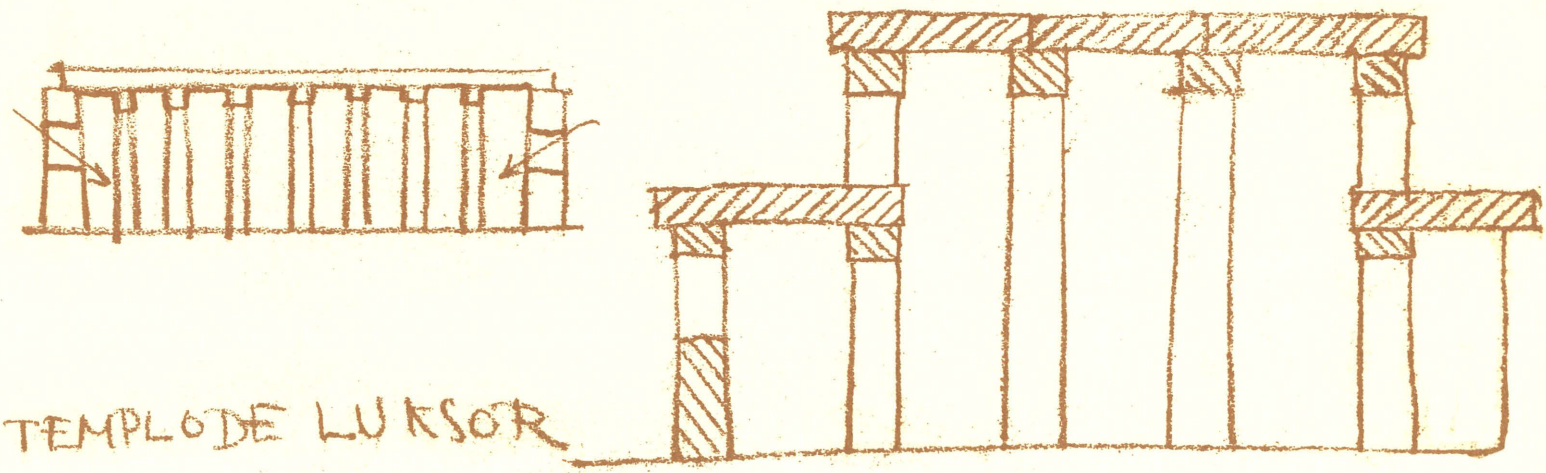
Techo: limitación por la parte superior

Se hacen de piedras naturales o artificiales, madera, hierro y hormigón armado

TECHOS DE PIEDRA: Producen cargas { Verticales (I) / oblicuas (II) por la longitud de los piedras y la colocación. Son poco al agua. Poca luz si hay muchas cargas

(I) Sistema adintelado con limitaciones





TEMPLO DE LUXOR

(fol. 3)

TEMPLOS GRIEGOS: Techo apoyado en un muro y en los dinteles que enlazan las columnas. El arquitrabe se hace de 3 piezas yuxtapuestas para manejar piedras pequeñas, reconocer los pelos y evitar que se rompa de golpe. Se ven por debajo las juntas y aumentan las caras labradas.

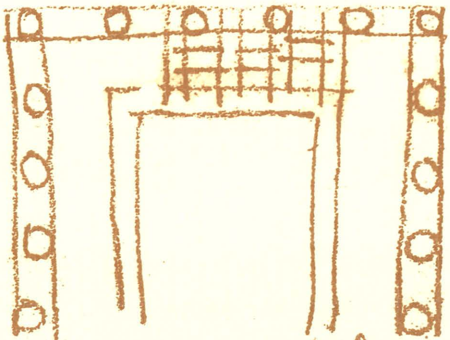
Grapa griega, de bronce, pues las de hierro dilatan al oxidar.

El orden jónico lleva los dinteles transversales sobre el arquitrabe.

3.1. Planta de templo griego, con indicación de los dinteles.
3.2. Sección de entablamento de templo dórico: "ARQUITRABE"/"ÁBACO"/"EQUINO".
3.3. Sección horizontal de friso de templo dórico, con indicación del atado de las piedras mediante grapas.
3.4. Detalle de grapa griega.

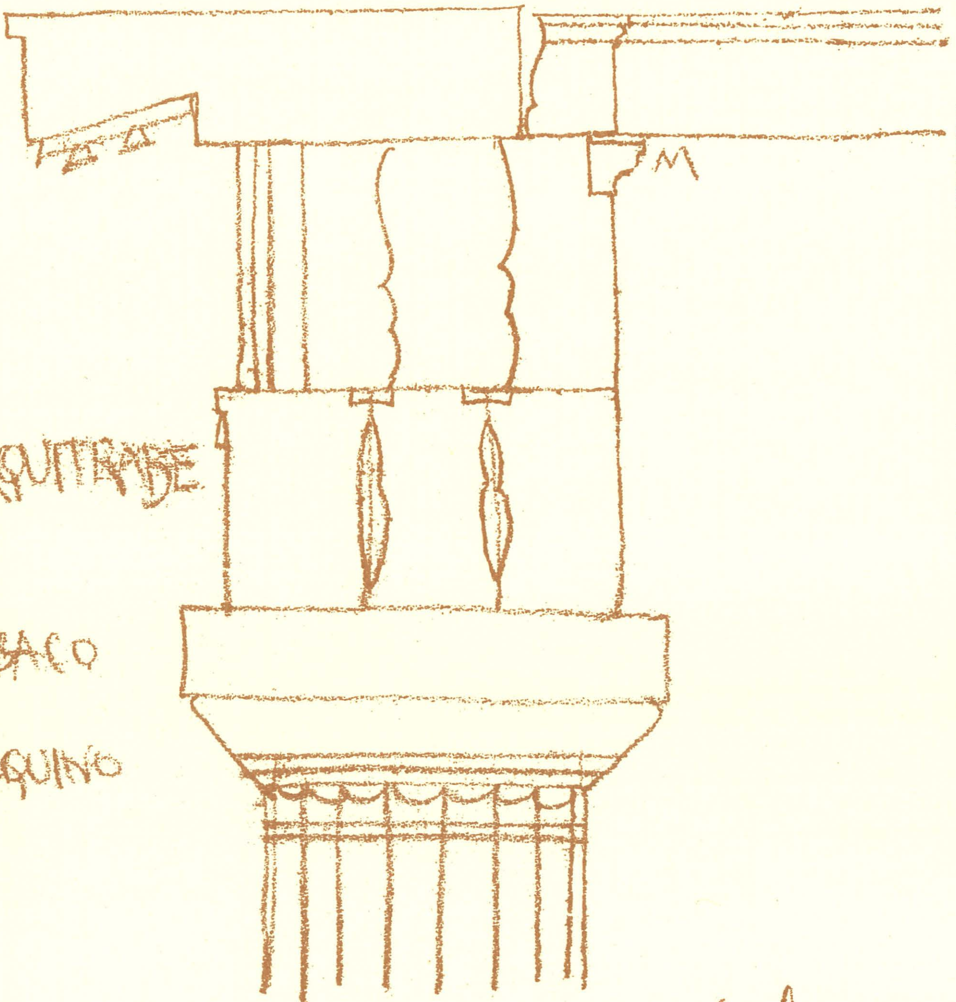
TEMPLOS GRIEGOS

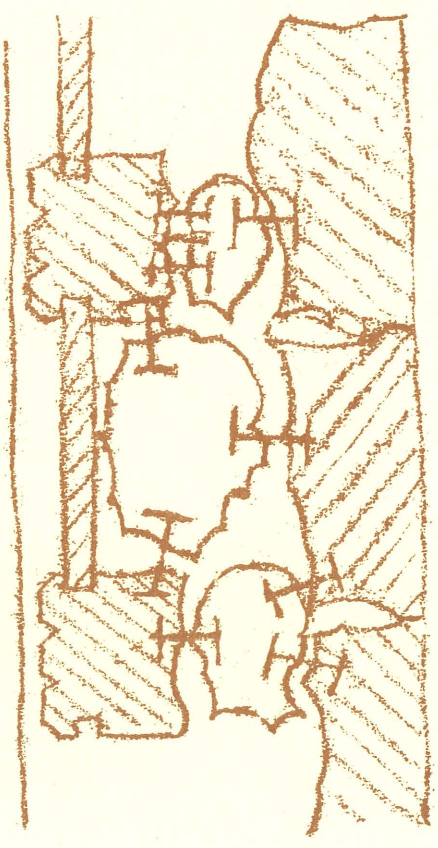
Techo apoyado en un muro y en los dintelos que enlazan las columnas

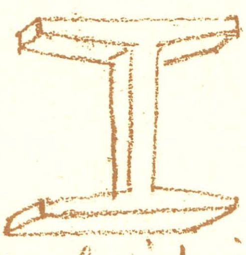


El arquitrabe se hace de 3 piezas yuxtapuestas para manejar piedras pequeñas, reconocer los pesos, y evitar que se rompa el golpe

Se ven por debajo los puntos y aumentan las caras labradas







Grapa griega, de bronce, pues las de hierro dilatan al oxidar

El orden jónico lleva los dinteles transversales sobre el arquitrabe

(fol. 4)

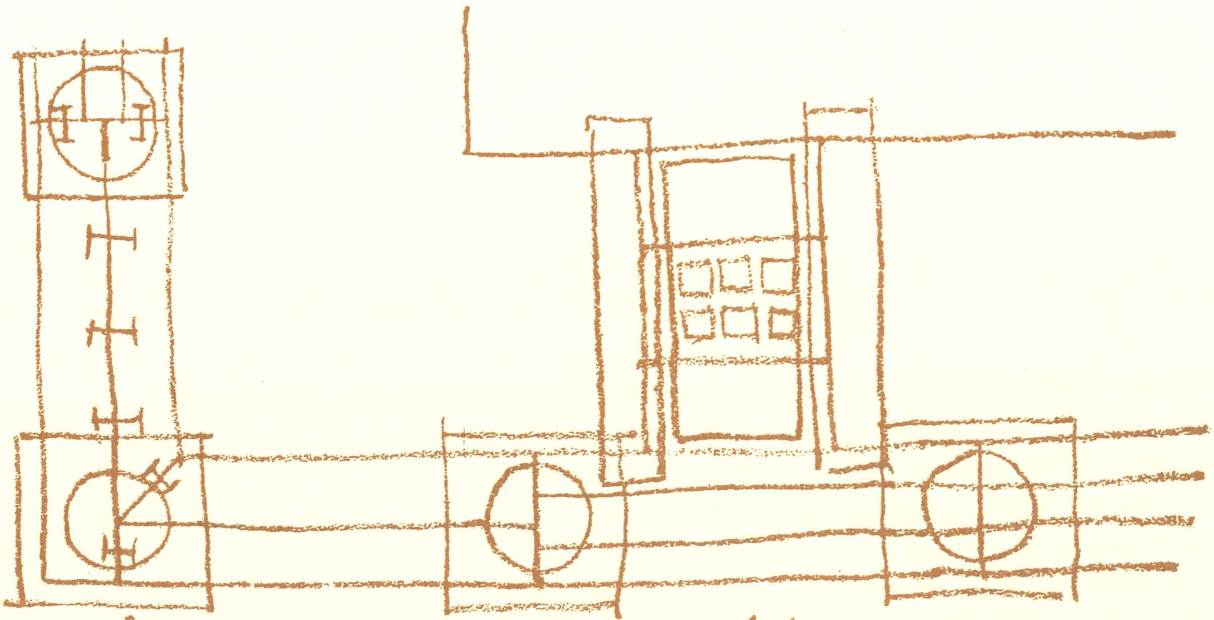
La columna de ángulo está menos separada de las otras que éstas entre sí.

La moldura M *(fig. 3.2)* es postiza para gastar menos piedra, trabajarla mejor, haciéndola de otra clase de piedra.

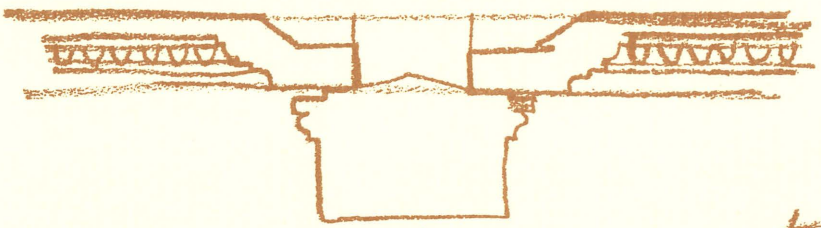
ENLACE de los dinteles transversales con las piezas de relleno. Los dinteles transversales llevan el centro apiconado.

SISTEMAS EN VOLADIZO: Para que la resultante R quede en el muro, se da mucho tizón (I) o poco vuelo (II).

4.1. Esquema, en planta, del sistema de dinteles del templo griego.
4.2. Detalle del apoyo sobre el dintel transversal del techo del pórtico de un templo griego.
4.3. Detalle, en planta, de ensamble de piezas.
4.4. Esquemas de sistemas en voladizo: "(I)" *(de gran tizón), con indicación de esfuerzos;* "(II)" *(de poco vuelo).*



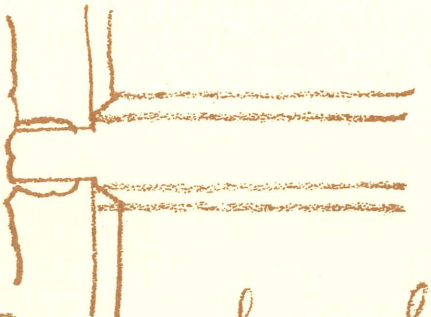
La columna de ángulo esté menos separada de las otras que éstas entre sí.



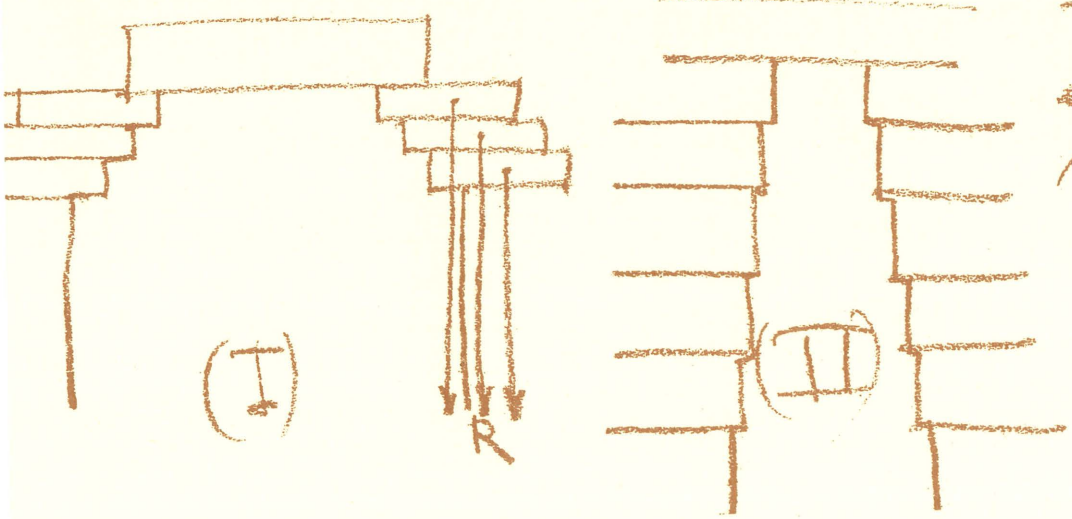
La moldura M es postiza para gastar menos piedra, trabajarla mejor, haciéndola de este clase de piedra

ENLACE de los dinteles transversales con los riegos de relleno

Los dinteles transversales llevan el centro apiconado



SISTEMAS EN VOLADIZO: Para que la resultante R quede en el muro, se da mucho tizón (I) o poco vuelo (II)



(fol. 5)

FLECHAS DE PIEDRA: sistema en voladizo, pues la altura es más de 4 veces el ancho.

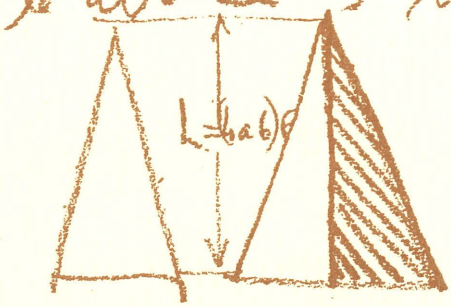
Si sólo son 4 caras, vista en diagonal es muy ancha, con violento contraste de luz y sombra. La octogonal produce matices de luz, media luz, media sombra, sombra.

PLANOS DE JUNTA: Horizontales, aunque se desperdicie piedra, porque no producen empujes, impiden la entrada del agua (I). En (II): $\overline{\overline{P}} = \overline{1} + \overline{2}$; $\overline{1}$ produce deslizamiento; $\overline{2} = \overline{3} + \overline{4}$; $\overline{4}$ es un empuje.

PARAMENTO EXTERIOR: El ángulo obtuso se moja y seca deprisa.

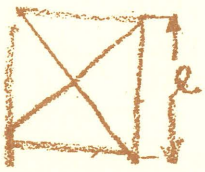
5.1. Esquema geométrico de flecha (planta y alzados, con indicación de proporción y sombra propia).
5.2. Secciones de la pared de una flecha: "(I)" *(plano de junta horizontal);* "(II)" *(plano de junta normal al paramento).*
5.3. Distintas estereotomías de la piedra del paramento exterior.

FLECHAS DE PIEDRA: sistema en voladizo, pues la altura es más de 4 veces el ancho.

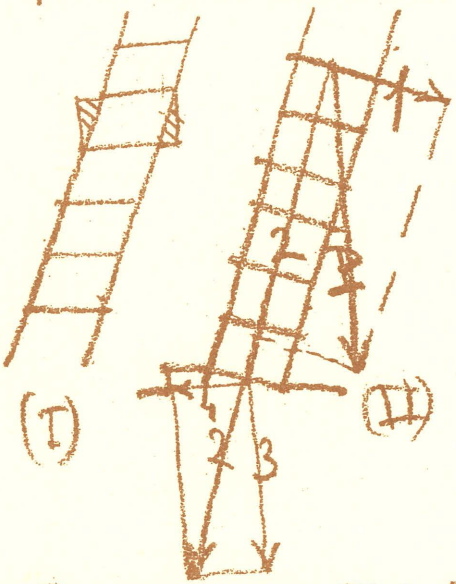


Si sólo son 4 ceras, vista en diagonal es muy ancha, con violento contraste de luz y sombra.

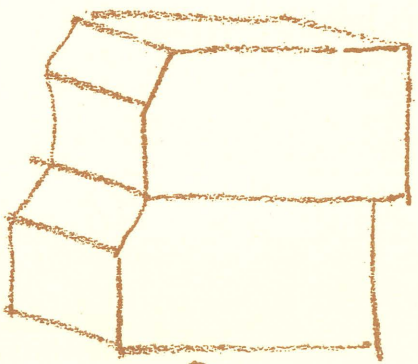
La octogonal produce matices de luz, media luz, media sombra, sombra



PLANOS DE JUNTA: Horizontales, aunque se desperdicie piedra, porque no producen empujes, impiden la entrada del agua (I)

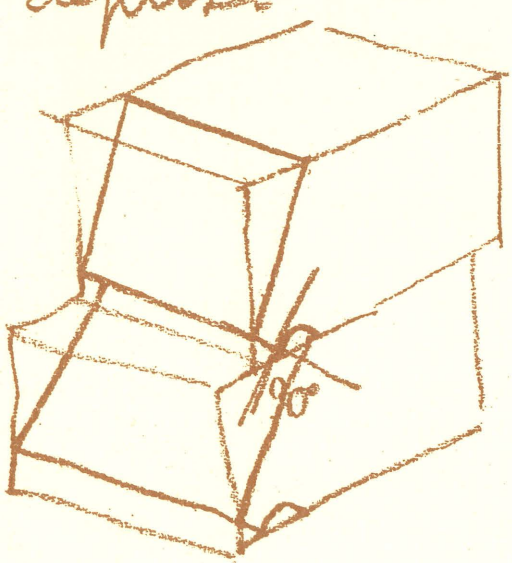


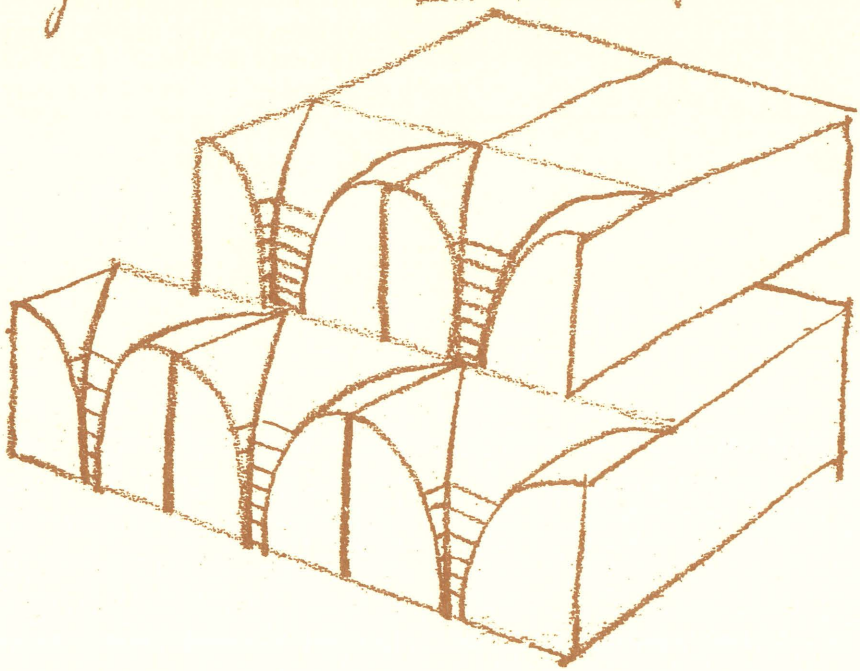
En II. $\bar{P} = \bar{1} + \bar{\bar{2}}$ // $\bar{1}$ produce deslizamiento: $\bar{2} = \bar{\bar{3}} + \bar{\bar{4}}$ // $\bar{4}$ es un empuje



PARAMENTO EXTERIOR.

EL ángulo obtuso se moja y seca deprisa





(fol. 6)

ESPESOR DE LA PARED: Uniforme, pues sufre la acción del viento (V) que produce el empuje q, como un arco adintelado. $\overline{q} + \overline{q}' = \overline{R}$. R empuja la arista que debe ser pesada.

En sección vertical se producen las resultantes $\overline{e} = \overline{1} + \overline{2}$ (1 se suma al peso, 2 es un empuje) y $\overline{e}_1$ que levanta el vértice. $\overline{V} = \overline{N} + \overline{T}$; T afloja los sillares. Se evita aumentando el peso del vértice.

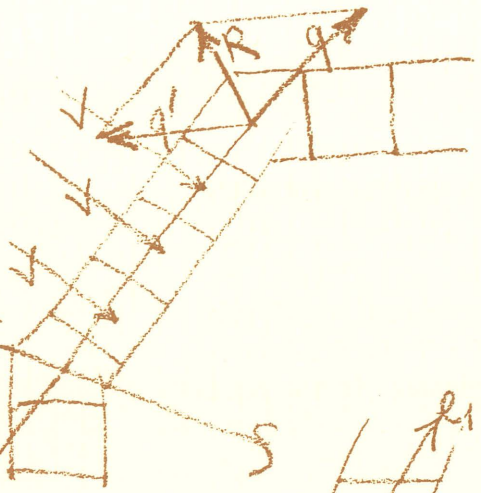
SECCIÓN SS

ENLACE DE LAS ARISTAS

ABERTURAS DE VENTILACIÓN: No producirán empujes. Las piedras del arco de las aberturas se enlazan con tochos y grapas.

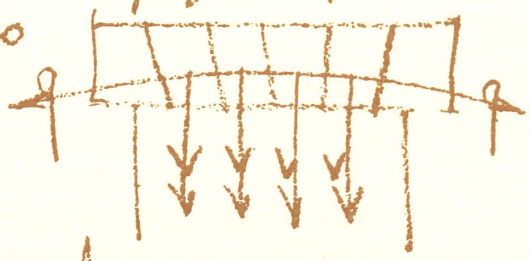
6.1. Secciones horizontal y vertical de pared de flecha, con indicación de los empujes.
6.2. Esquema estructural de arco adintelado.
6.3. Detalle de la estereotomía de la arista de una flecha.
6.4. Esquema, en planta y sección, del anclaje del peso aplicado al ápice de una flecha.
6.5. Detalles de aberturas de ventilación en una flecha.

ESPESOR DE LA PARED: Uniforme, pues sufre la acción del viento (V) que produce el empuje q como en arco adintelado

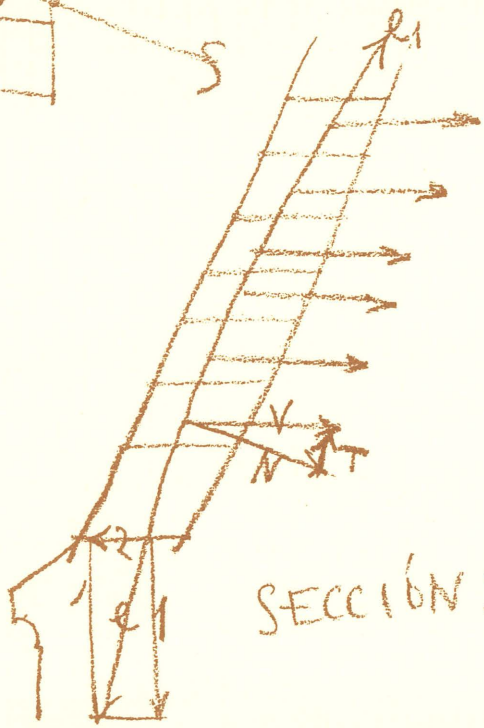


$\bar{q} + \bar{q}' = \bar{R}$

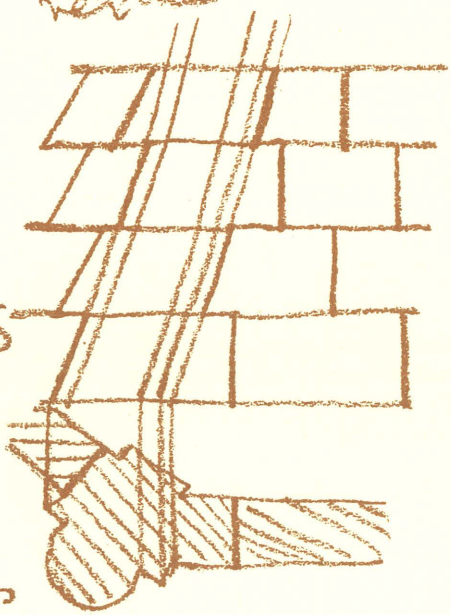
R empuja la arista que debe ser pesada



En sección vertical, se producen los resultantes $\bar{E} = \bar{T} + \bar{2}$ (1 es suma del peso, 2 el empuje) y $\bar{E}_1$ que levanta el vértice $\bar{V} = \bar{N} + \bar{T}$ II I afloja los sillares le evita aumentado el peso del vértice

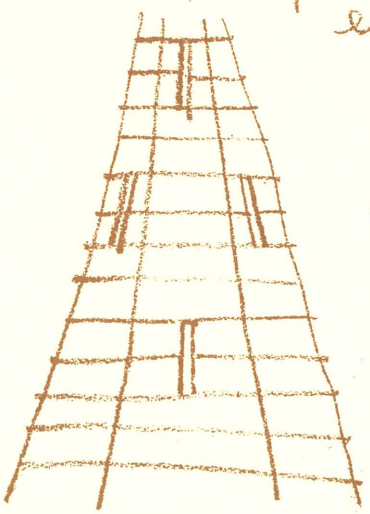


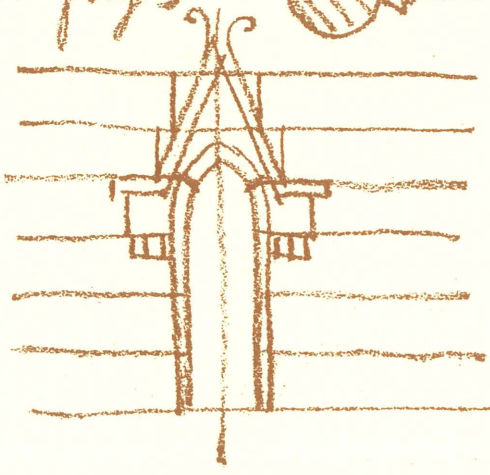
SECCIÓN SS

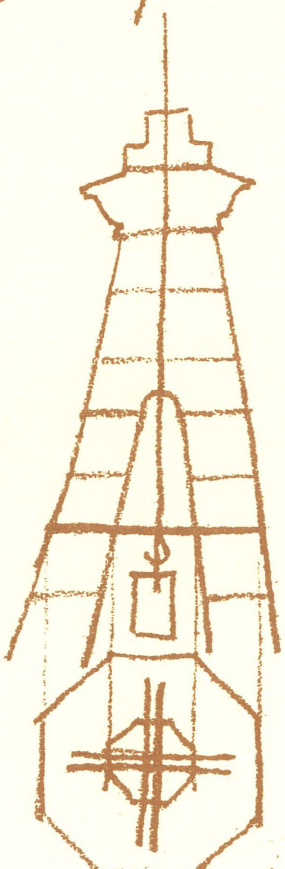


ENLACE DE LAS ARISTAS

ABERTURAS DE VENTILACIÓN: No producirán empujes







Los pies del arco de las aberturas se enlaza con techos y grapas

(fol. 7)

FLECHAS CALADAS DE PIEDRA: (1) PEQUEÑAS. Se hacen con losas puestas de canto, que forman los trapecios con calados a base de circunferencias.

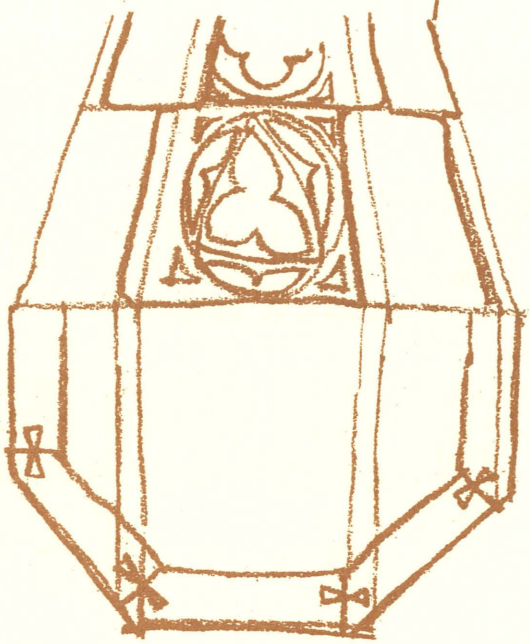
ARISTAS. Se rematan con un sillar.

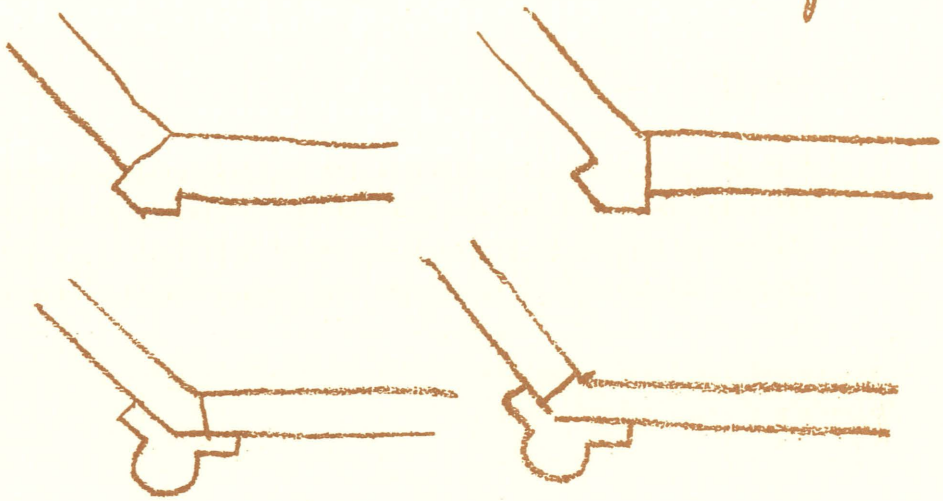
(2) GRANDES: Catedral de Burgos: Las aristas forman una estructura enlazada por las losas caladas. Las piezas horizontales adoveladas producen empujes $\overline{\overline{E}} + \overline{\overline{E}}' = \overline{\overline{R}}$ que debilitan las aristas. Las grapas y tochos son de hierro. Al oxidar, aumentan de volumen y destruyen la piedra.

7.1. Detalle, en planta y alzado, de una flecha calada.
7.2. Distintas soluciones de la arista de una flecha.
7.3. Detalle de la flecha de la Catedral de Burgos (planta, con indicación de esfuerzos en la arista, y alzado).

FLECHAS CALADAS DE PIEDRA: (1) PEQUEÑAS

Se hacen con losas puestas de canto, que forman los trapecios con calados a base de circunferencias

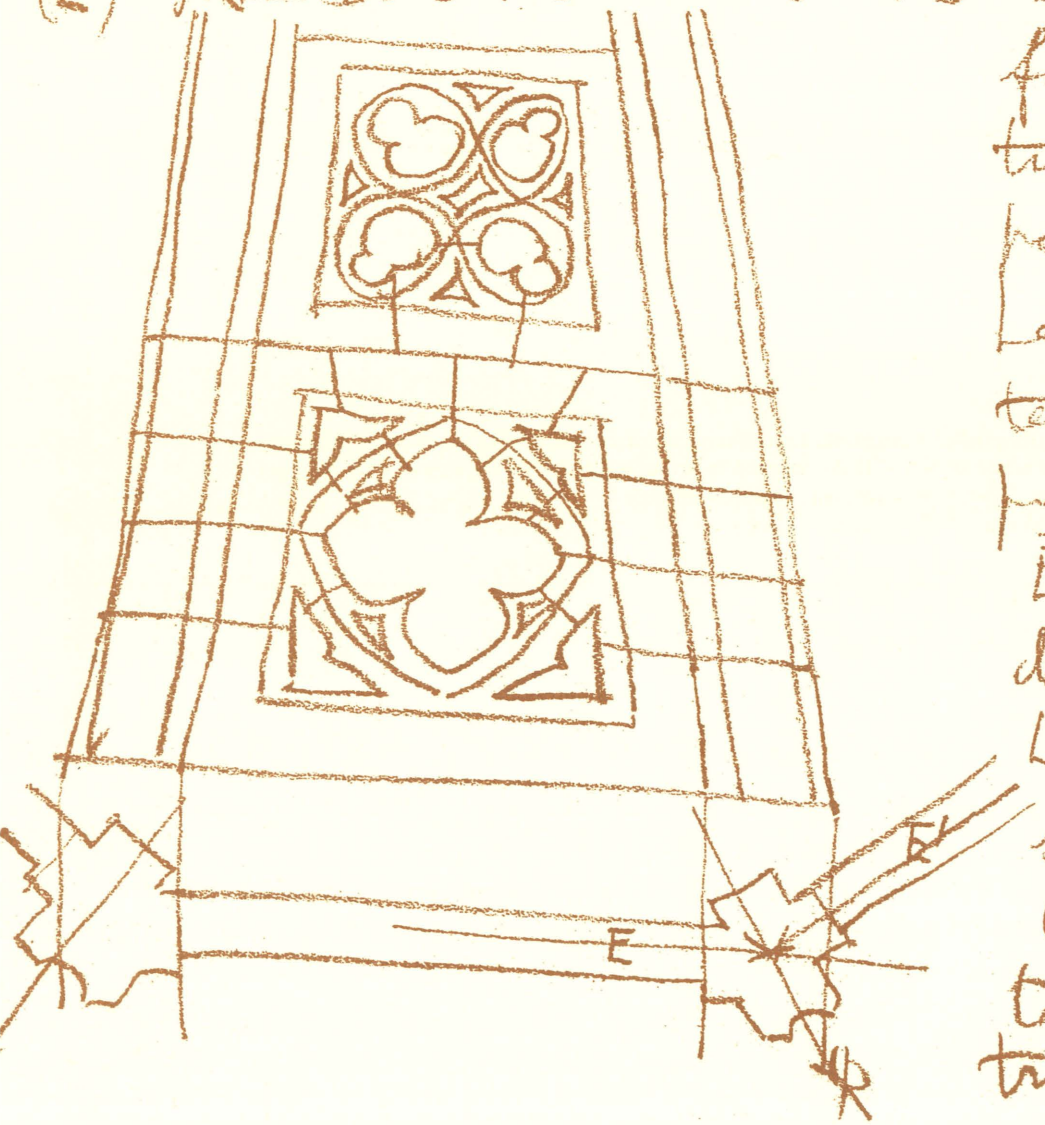




— ARISTAS —

Se remiten con un sillón

(2) GRANDES: Catedral de Burgos Las aristas forman una estructura enlazada por las losas caladas. Las piezas horizontales adovelados producen empujes $\bar{\bar{E}} + \bar{\bar{E}}' = \bar{\bar{R}}$ que debilitan las aristas. Las grapas y Techos son de hierro. Al oxidar, aumentan de volumen y destruyen la piedra



(fol. 8)

Catedral de Colonia: Las aristas están compuestas de sillares largos, labrados a contralecho, disminuyendo así el número de juntas, para aumentar la rigidez: *(fig. 8.1)*.

Tochos: de bronce. Se emploman primero en la piedra superior, y luego en la inferior, echando por una ranura que se deja en ésta plomo fundido, valiéndose de una cazoleta de barro (B).

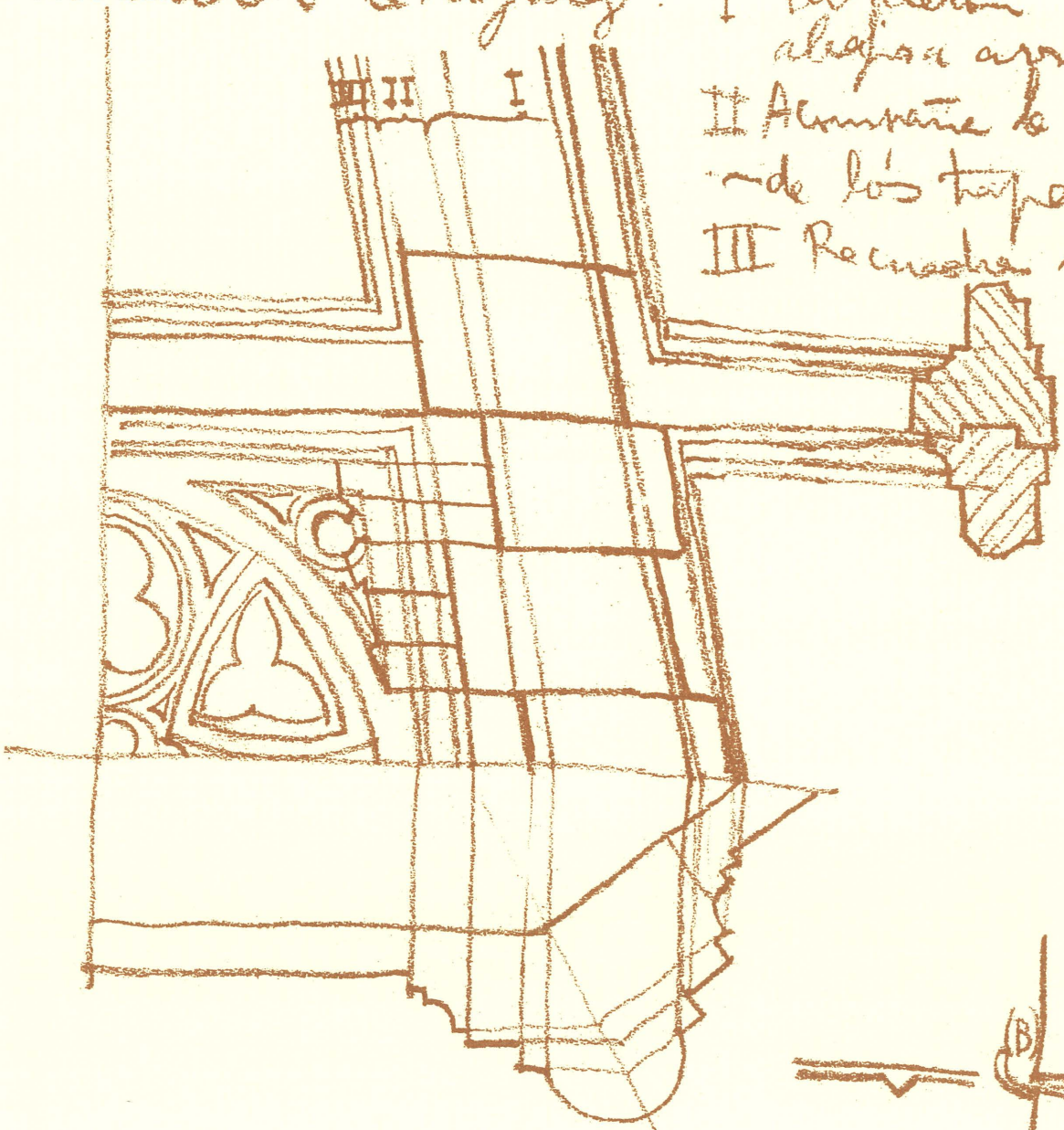
8.1. *Detalle, en planta y sección, de la flecha de la Catedral de Colonia:* "I Baquetón que corre de abajo arriba"/"II Acompaña la arista y divide los trapecios"/"III Recuadra los trapecios"/"Junta para impedir el paso del agua".

8.2. *Detalle del emplomado entre hiladas.*

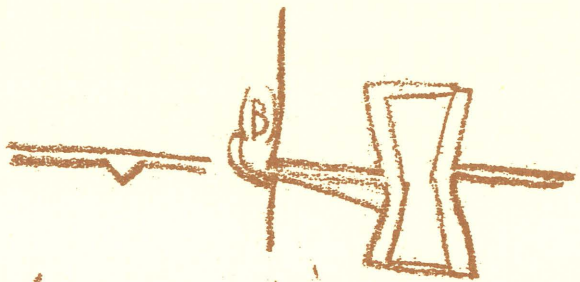
Catedral de Colonia. Los aristas están compuestos de sillares largos, labrados a contralecho, disminuyendo así el número de juntas, para aumentar la rigidez: I Balpretón que corre de abajo a arriba

II Acompaña la arista y divide los trapecios

III Recuadra los trapecios



Junta para impedir el paso del agua



Techos: de bronce. Se emplomean primero en la piedra superior, y luego en la inferior, echando por una ranura que se deja en ésta, plomo fundido, valiéndose de un cazolete de barro (B)

(fol. 9)

TECHOS DE SIRIA CENTRAL: *(figs. 9.1, 9.2 y 9.3).*

(II)* Techos de piedra con acciones oblícuas: Bóvedas

(1) De sillería, según trazado geométrico, que resiste sin mortero
(2) Necesita mortero: sillarejo, ladrillo
(3) Masa concrecionada
(4) Hormigón armado

(3) Bóvedas concrecionadas: producen empujes durante la ejecución y el fraguado. Luego son casquetes monolíticos.

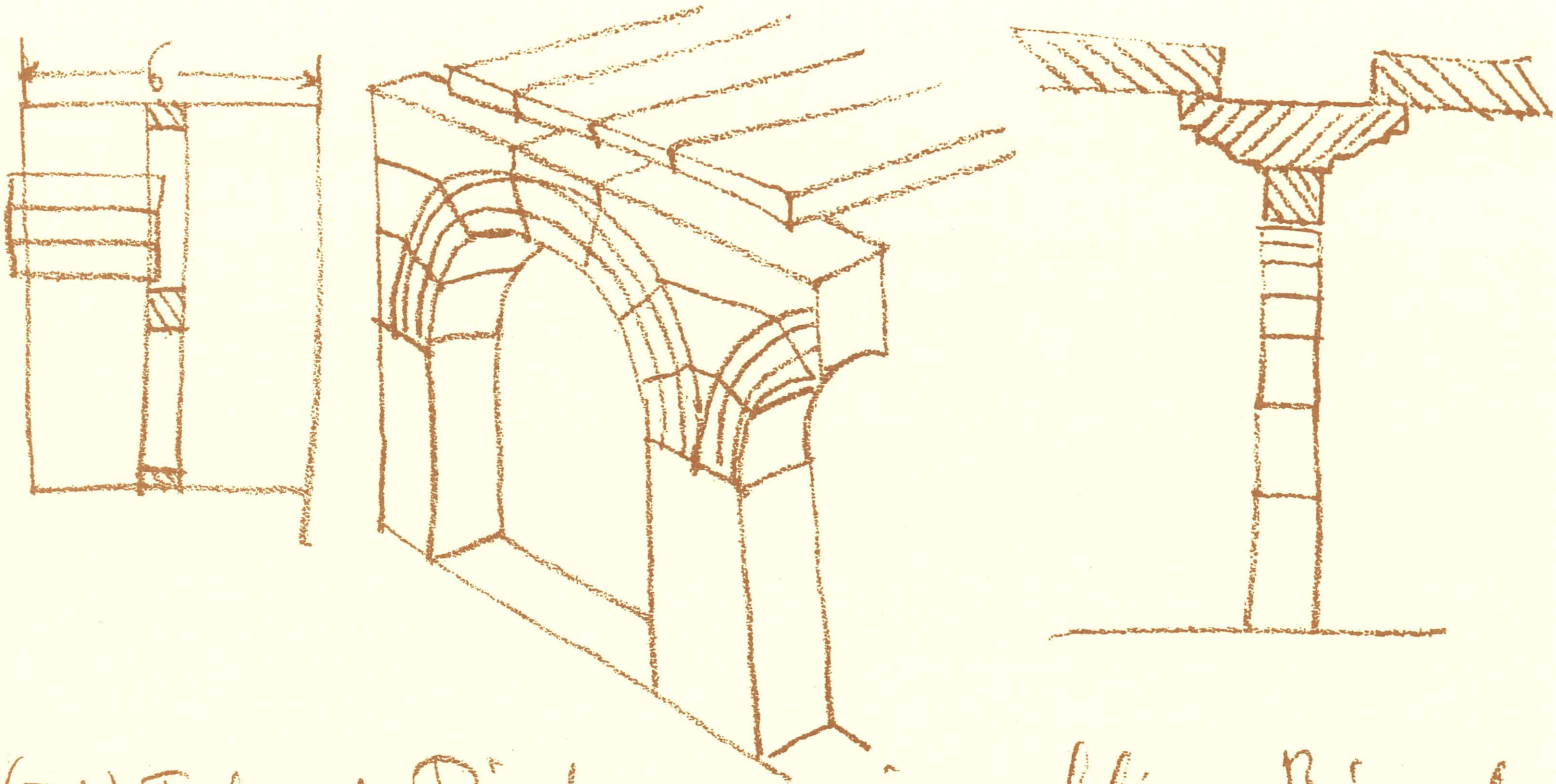
Las bóvedas antiguas se formaban por capas alternadas de piedras y mortero; las modernas llevan la piedra en el mortero.

Los romanos trataban de evitar el uso de cimbras, haciendo un esqueleto de arcos de ladrillo.

9.1. Esquema de techo plano de piedra cargando sobre pórtico de crujía intermedia (planta con luz acotada).
9.2. Detalle, en axonometría, del sistema anterior, cargando sobre muro con arcos.
9.3. Sección de crujía intermedia del sistema anterior, que carga sobre arcos con interposición de zapata.

* Corresponde a la clasificación del fol. 2.

TECHOS DE SIRIA CENTRAL



(II) Techos de Piedra con acciones oblicuas: Bóvedas

(1) De sillería, según trazado geométrico, que existe sin mortero

(2) Necesitan mortero sillarejo, ladrillo

(3) Masa concrecionada

(4) Hormigón armado

---

(3) Bóvedas concrecionadas; producen empujes durante la ejecución y el fraguado luego son cascaras monolíticas

Las bóvedas antiguas se formaban por capas alternadas de piedras y mortero; las modernas llevan la piedra en el mortero

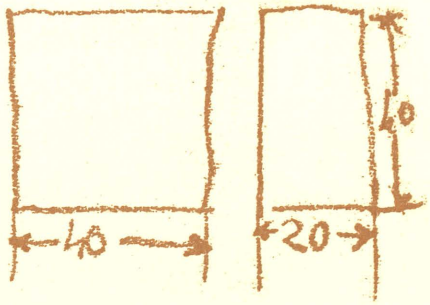
Los Romanos trataban de evitar el uso de cimbras, haciendo un esqueleto de arcos de ladrillo

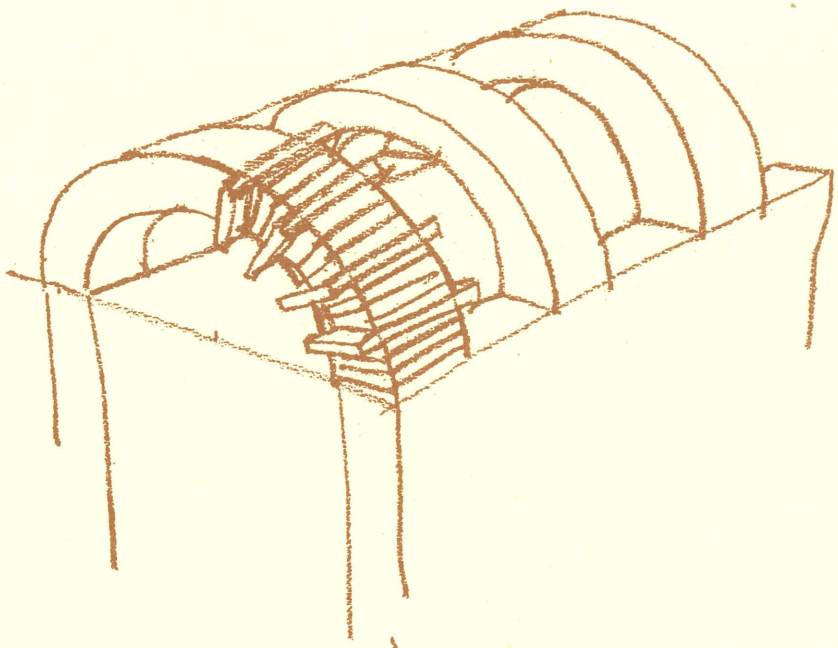
(fol. 10)

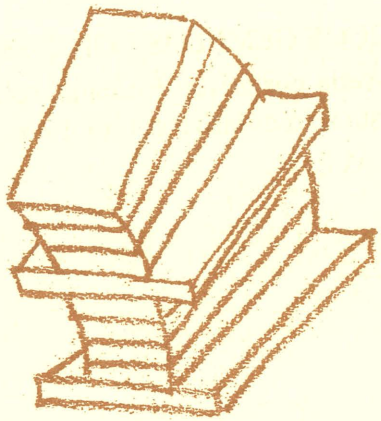
Bóveda cilíndrica: ladrillos romanos.
ARCOS GEMELOS. Se rellenan sobre la cimbra.

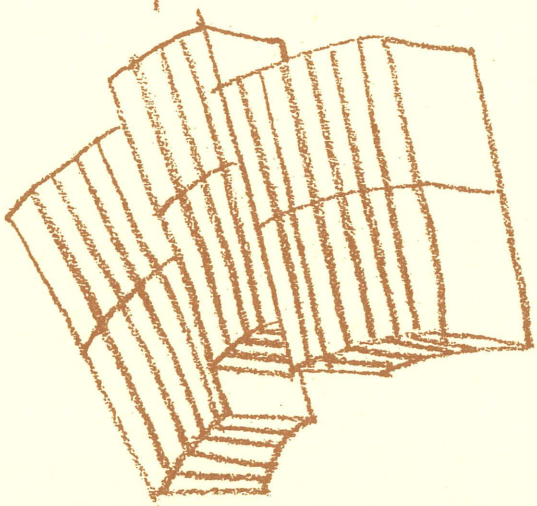
10.1. Medidas de ladrillos romanos (plantas acotadas).
10.2. Esquema, en axonometría, de bóveda cilíndrica con arcos de ladrillo.
10.3. Distintos detalles de arcos de ladrillo romanos.
10.4. Detalle, en axonometría y alzado, de arcos gemelos de ladrillo.
10.5. Detalle constructivo de un arco, con cimbra de madera, y relleno de hiladas: "PIEDRA"/"MORTERO".

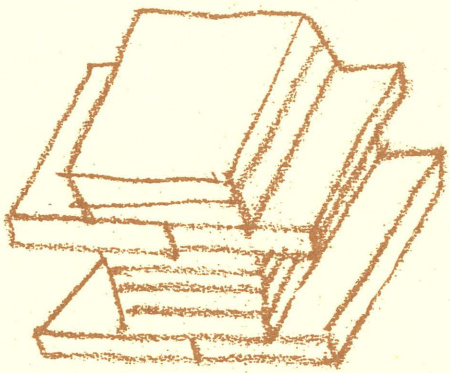
Bóveda cilíndrica : ladrillos romanos

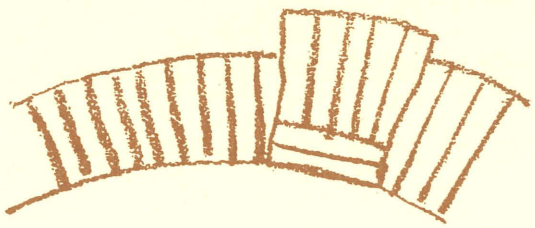


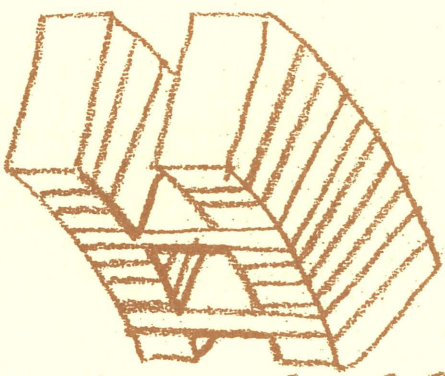


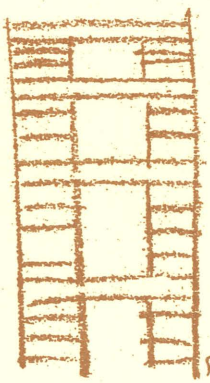






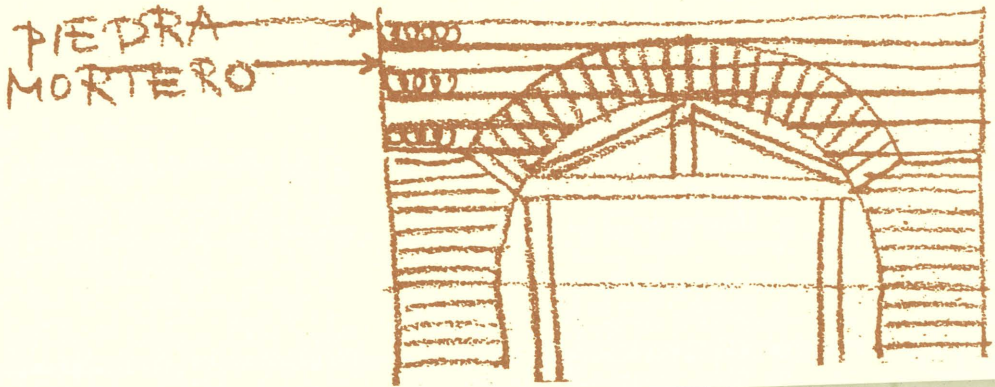






ARCOS GEMELOS

Se rellenan sobre la cimbra



(fol. 11)

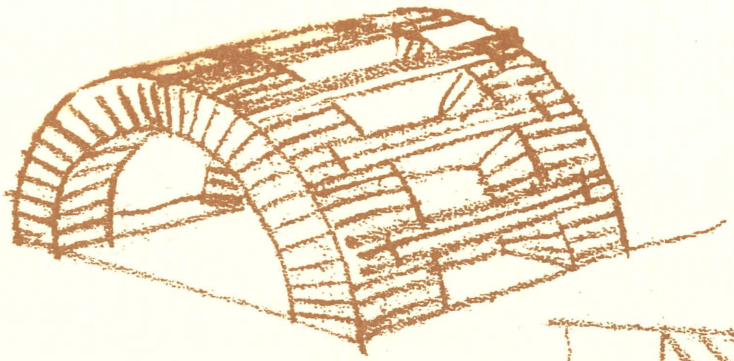
ARCOS GEMELOS CON CASETONES

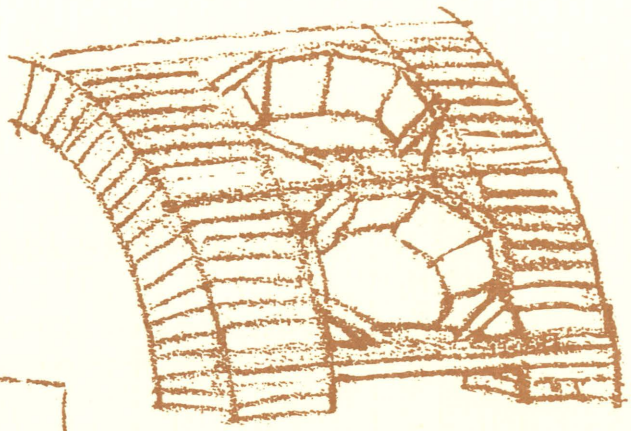
Bóveda por arista: Romana, sobre planta cuadrada o casi cuadrada: se peralta la menor y la arista se regulariza con mortero.

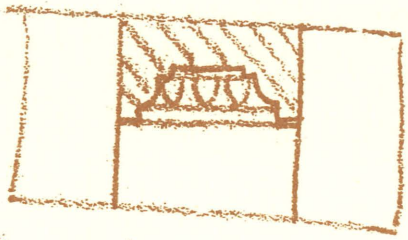
CLAVE

11.1. Detalles, en axonometría, de arcos gemelos con casetones.
11.2. Sección de un casetón.
11.3. Trazado, en planta y alzados, de bóveda por arista sobre planta rectangular, próxima al cuadrado, con arco de cabeza menor peraltado.
11.4. Detalle del arranque de un arco de ladrillo en una arista.
11.5. Detalle de arcos gemelos.
11.6. Cruce de arcos gemelos.

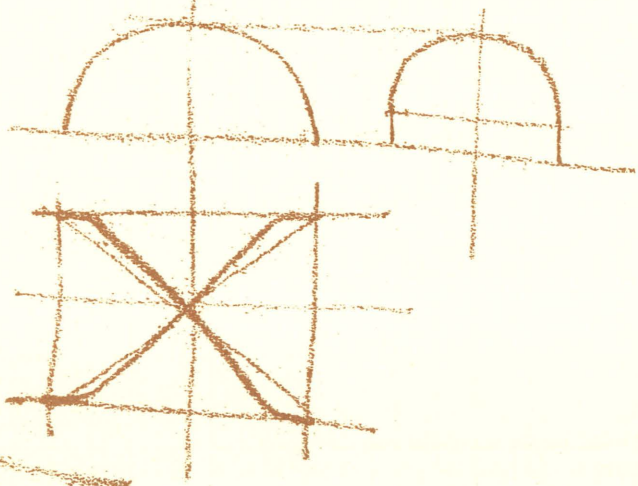
ARCOS GEMELOS CON CASETONES



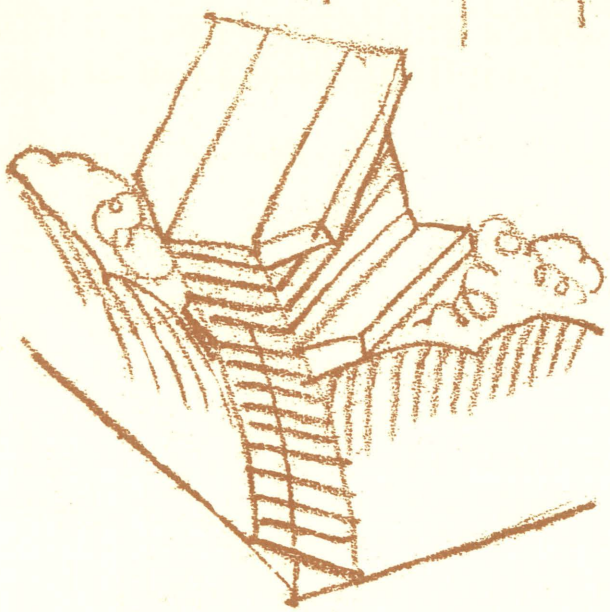


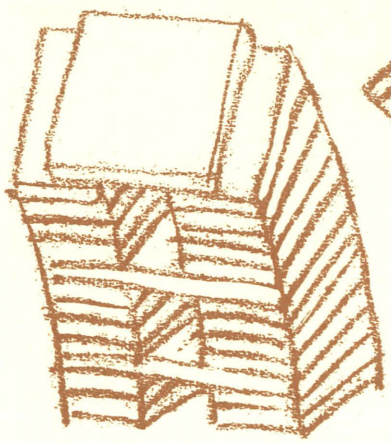


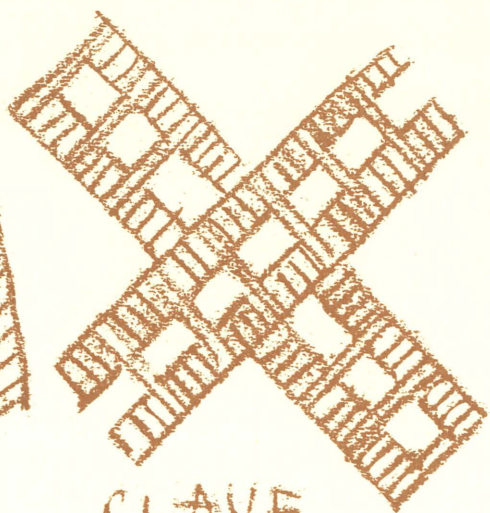
Bóveda por arista: Romana, sobre planta cuadrada ó casi cuadrada:



Se paralela la menor y la arista se regulariza con mortero







CLAVE

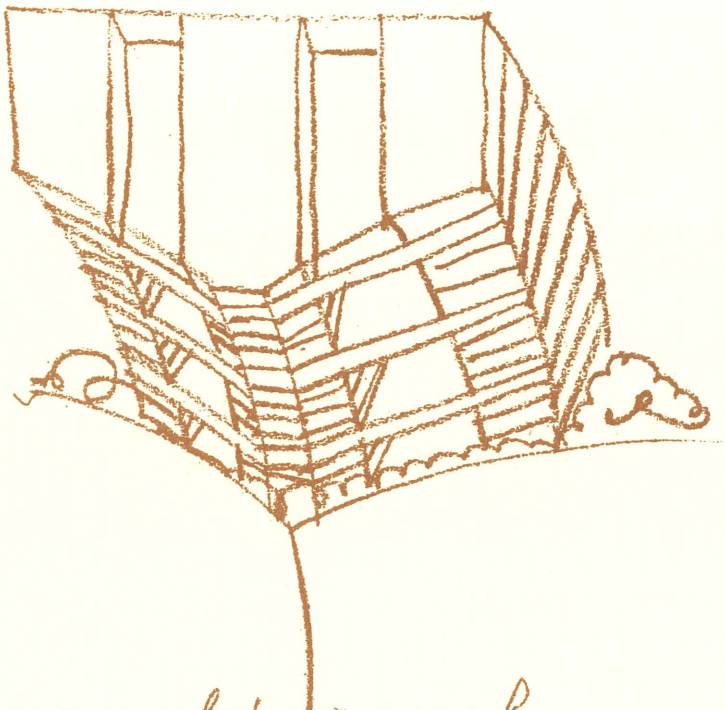
(fol. 12)

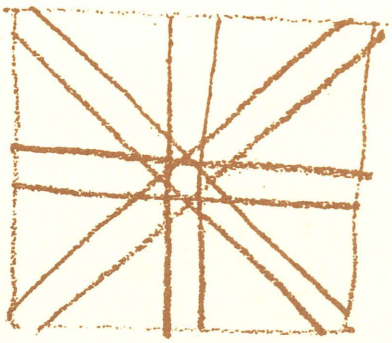
Arcos en una bóveda grande.

Bóveda esférica: Los romanos la apoyaron en un muro circular. Se construye cada arco con su opuesto.

Panteón de Agripa en Roma: Bóveda muy pesada por su gran espesor. Se hizo sobre una cimbra ligera un sistema de meridianos y paralelos, se macizó y dejó fraguar 2 ó 4 meses.

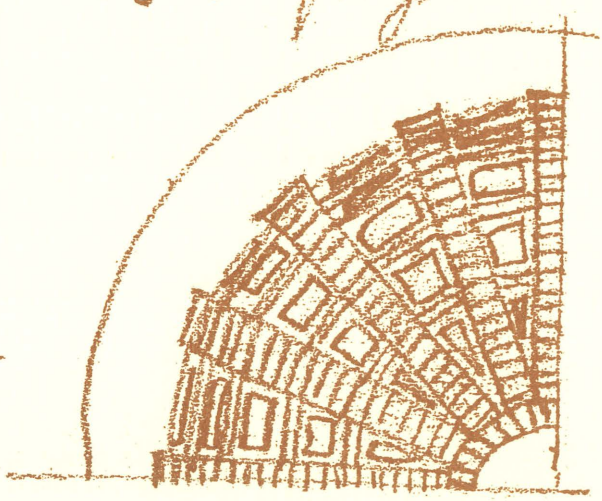
12.1. Detalle del arranque de un arco triple de ladrillo.
12.2. Esquema en planta del trazado de arcos en una bóveda sobre planta cuadrada.
12.3. Detalle, en planta, del primer sistema de arcos de ladrillo de la cúpula del Panteón de Agripa.
12.4. Sección general del Panteón de Agripa.

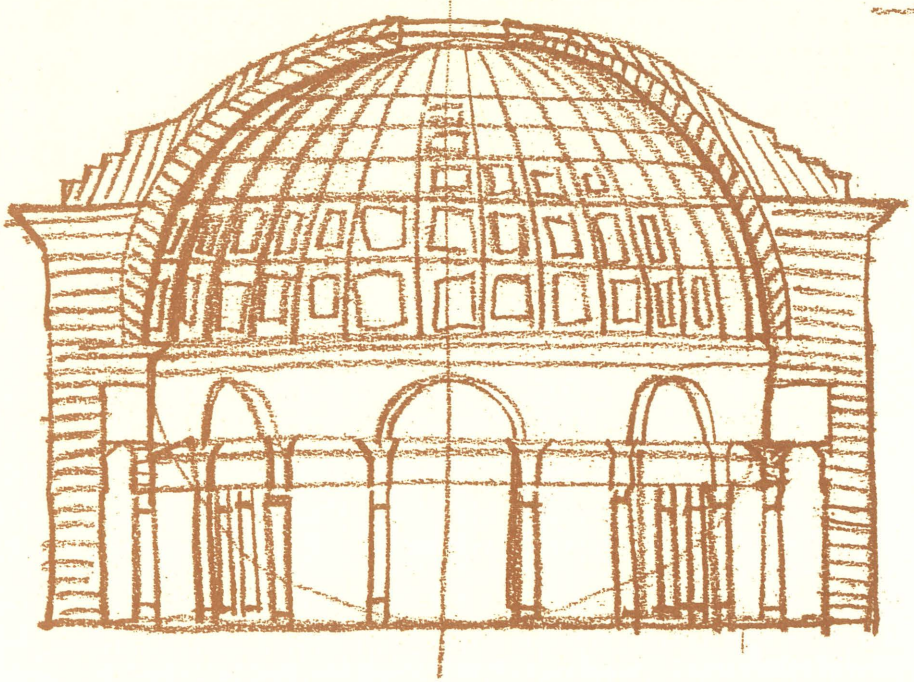




Arcos en una bóveda grande

Bóveda esférica: Los romanos la apoyaron en un muro circular.
Se construye cada arco con su opuesto
Panteón de Agripa en Roma:
Bóveda muy pesada por su gran espesor.





Se hizo sobre una cimbra ligera un sistema de meridianos y paralelos, se macizó y dejó fraguar. 2 ó 4 meses.

(fol. 13)

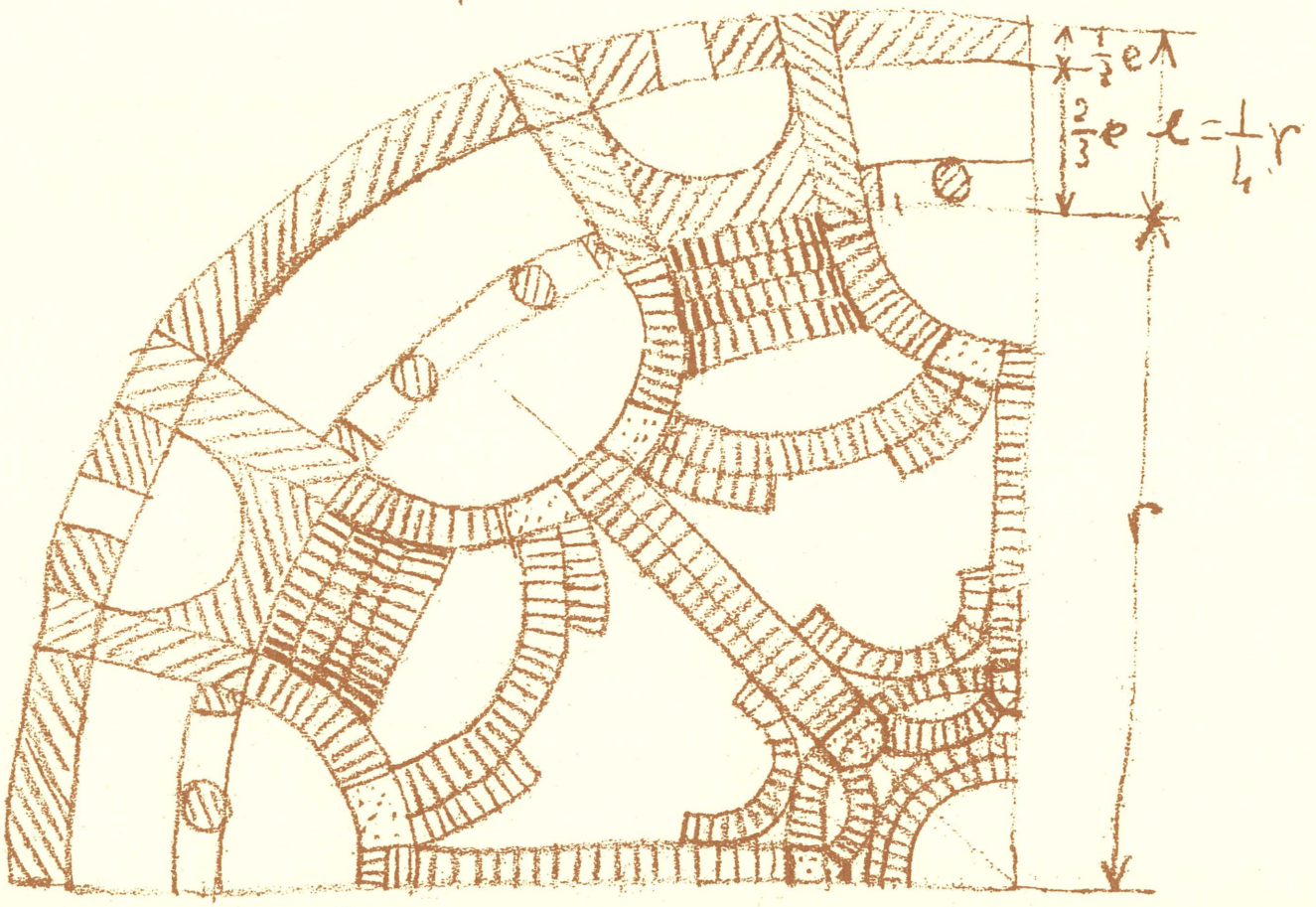
Sobre éste se hizo otra bóveda, con los arcos dispuestos de modo que no cargaran mucho sobre la primera. Estaba cubierta de tejas de bronce dorado. Piranesi descubrió el sistema al hacer reparaciones en las cubiertas.

Bóvedas que han de soportar pesos pequeños: *(fig. 13.2)*.

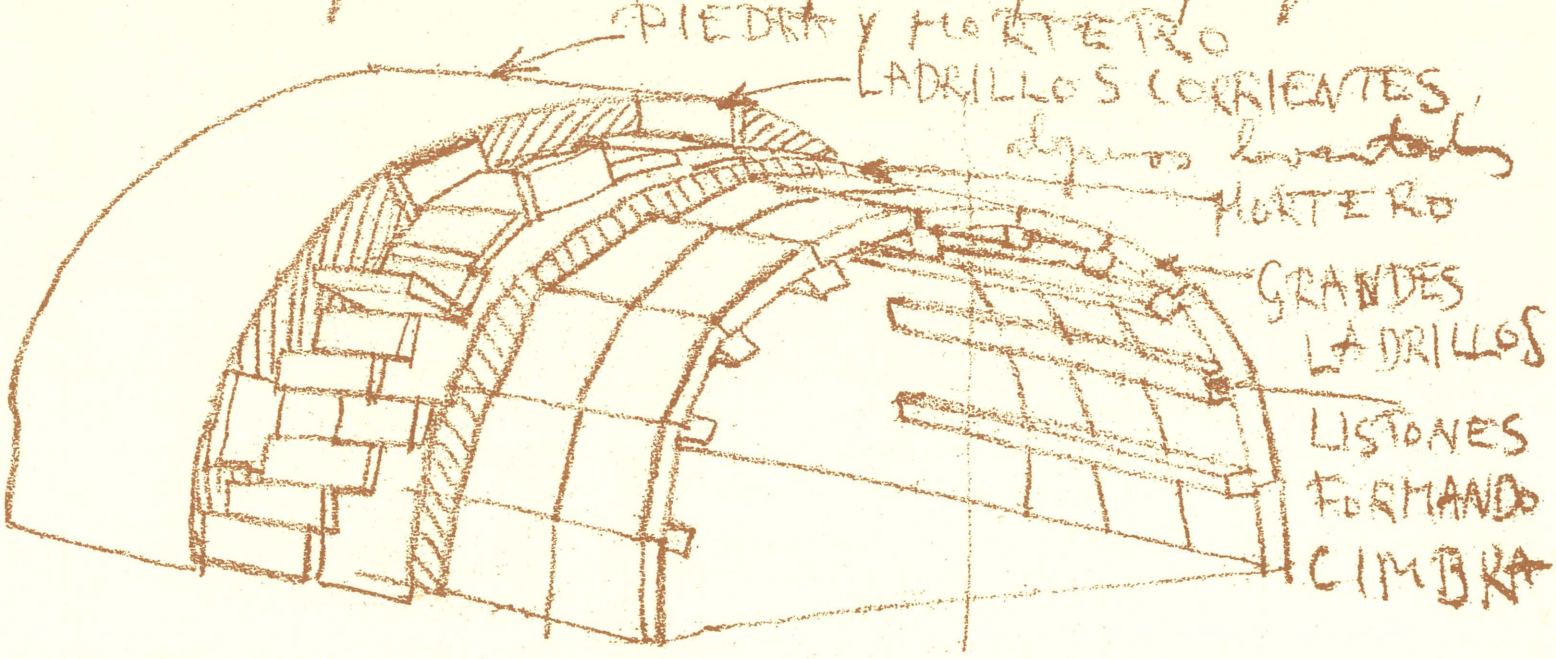
13.1. Detalle, en planta con acotaciones, del sistema superior de arcos de ladrillo de la cúpula del Panteón de Agripa.

13.2. Detalle, en axonometría, del proceso constructivo de una bóveda romana ligera: "PIEDRA Y MORTERO"/"LADRILLOS CORRIENTES, algunos levantados"/"MORTERO"/"GRANDES LADRILLOS"/"LISTONES FORMANDO CIMBRA".

Sobre ésta se hizo otra bóveda, con los arcos dispuestos de modo que no cargasen mucho sobre la primera. Estaba cubierta de tapas de bronce dorado. Piranesi desenhió el interno al hacer reparaciones en los cubiertos



Bóvedas que han de soportar poco peso:



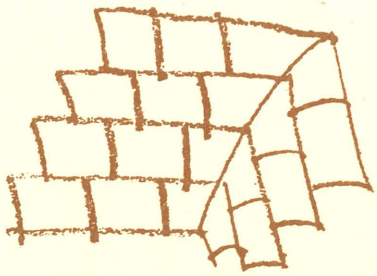
(fol. 14)

Bóveda por arista, ligera: *(fig. 14.1)*.
Disposición del trasdós: *(fig. 14.2)*.

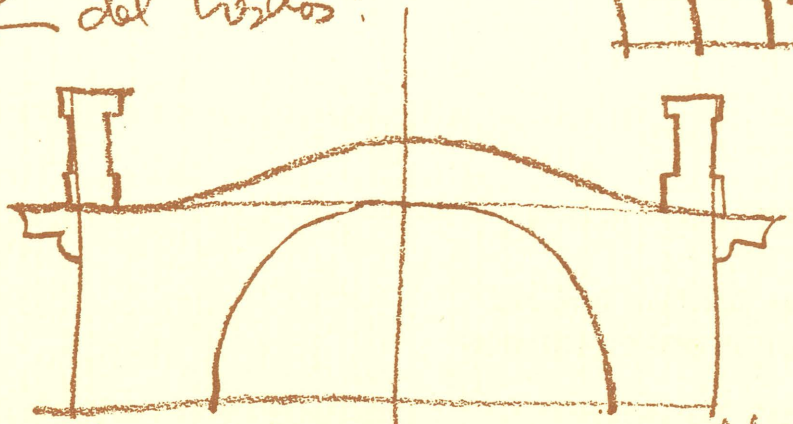
Bóvedas bizantinas: De ladrillo y mortero. Resultan concrecionadas. Se hacían sin cimbra, por la falta de madera y carpinteros. Había albañiles hábiles. El mortero era peor que el romano. Bóveda cilíndrica: Se arranca de un muro de cabeza. Ladrillos de 33 cm de lado. Se traza la bóveda con la cuerda y la regla.

14.1. Detalle del aparejo de bóveda por arista.
14.2. Sección transversal del trasdós de una bóveda cilíndrica.
14.3. Secciones constructivas, transversal y longitudinal, de bóveda cilíndrica bizantina: "LADRILLO"/"MORTERO".
14.4. Sección y detalle axonométrico de bóveda de aparejo inclinado, con indicación del procedimiento constructivo.

Bóveda por arista, ligera

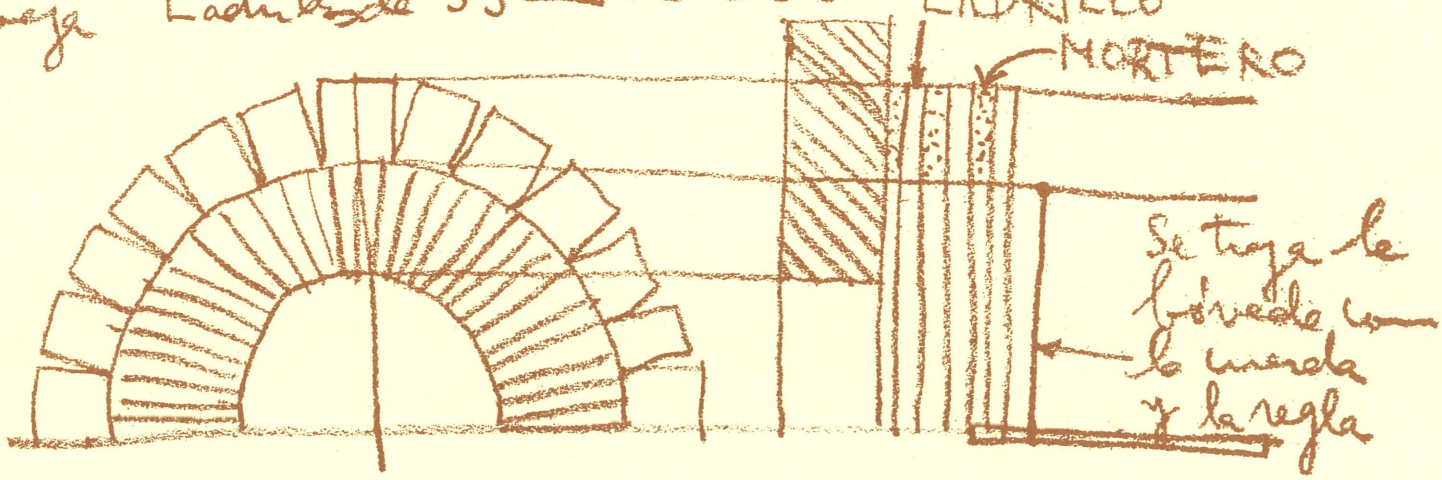


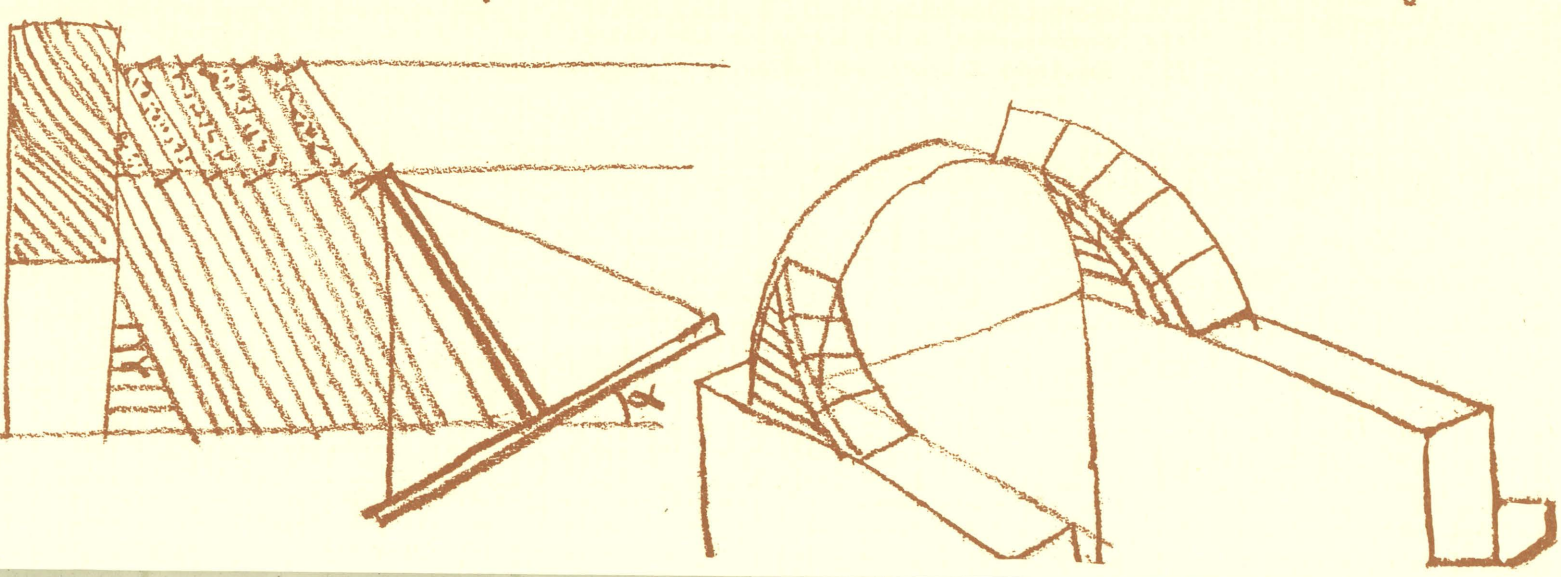
Disposición del trasdós:



Bóvedas bizantinas: De ladrillo y mortero. Resultan encarecidas. Se hacían sin cimbra, por la falta de madera y carpinteros. Había albañiles hábiles. El mortero era peor que el romano.

Bóveda cilíndrica: Se arranca de un muro de cabeza. Ladrillos de 33 cm de lado.

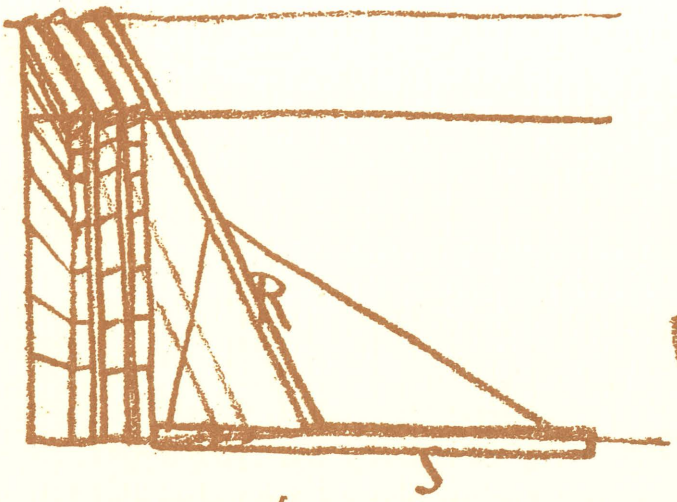


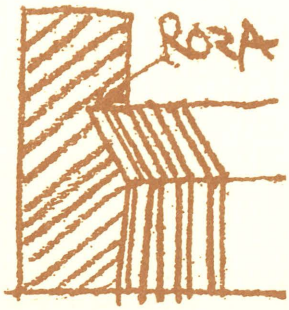


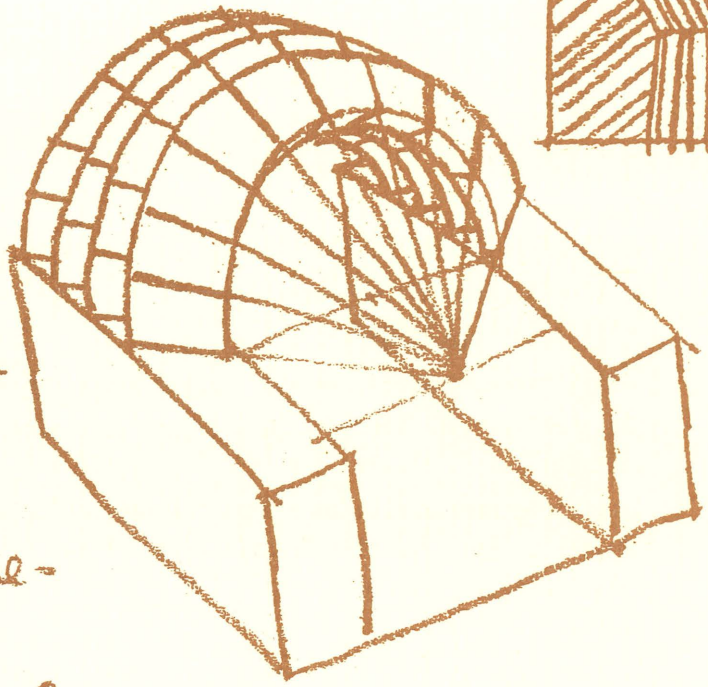
(fol. 15)

APAREJO CÓNICO: Definido por el giro de la regla R alrededor de S.
A veces se inclina el eje S.
En algunas bóvedas no se hacen superficies perfectas.
GALERÍA EMPEZADA POR LOS DOS EXTREMOS
TRABA IMPERFECTA

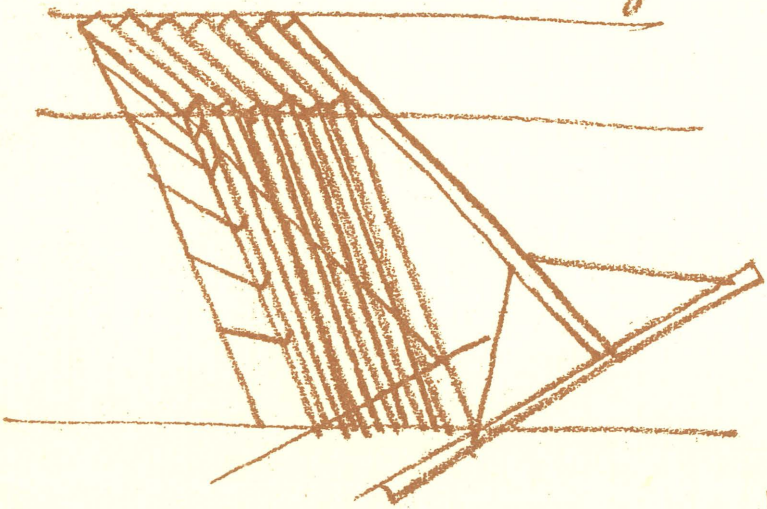
15.1. Sección y detalle axonométrico de bóveda de aparejo cónico de eje horizontal, con indicación del procedimiento constructivo.
15.2. Detalle del encuentro de una bóveda de aparejo cónico de eje horizontal con el hastial: "ROZA".
15.3. Sección de bóveda de aparejo cónico de eje inclinado, con indicación del procedimiento constructivo.
15.4. Sección de bóveda de aparejo por hiladas curvas.
15.5. Encuentros de aparejos en bóvedas empezadas por los dos extremos.

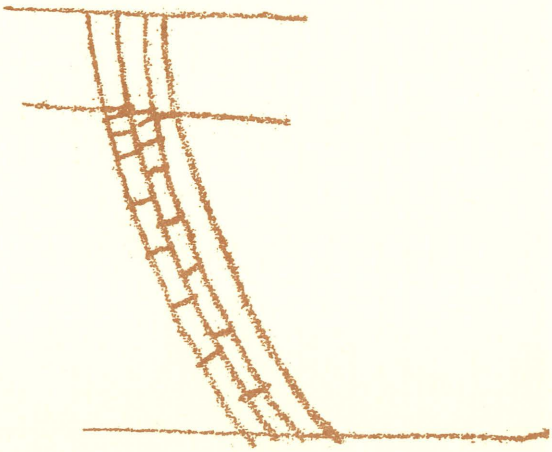




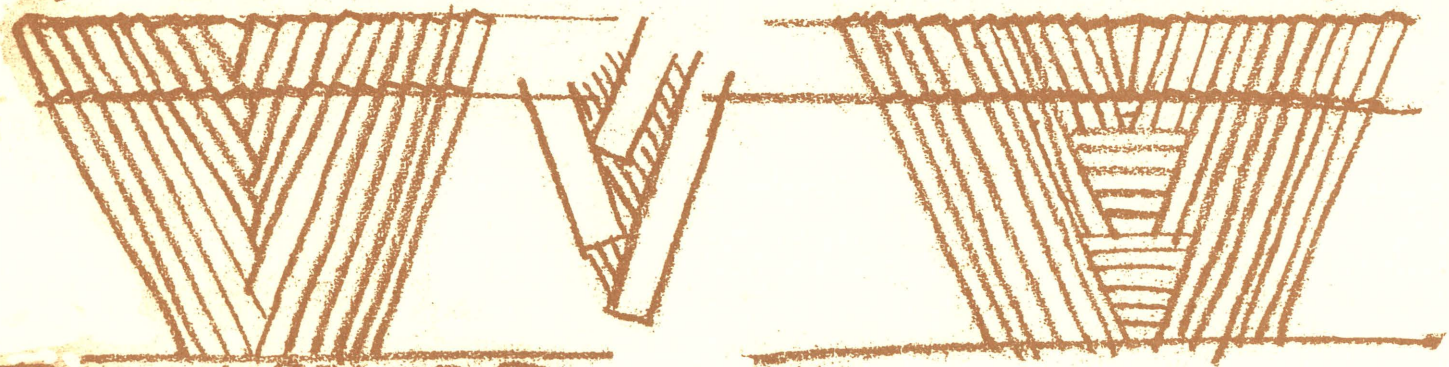


APAREJO CÓNICO: Definido por el giro de la regla R alrededor de S
A veces se inclina el eje S





En algunas bóvedas, no se logra superficies perfectas
GALERÍA EMPEZADA POR LOS DOS EXTREMOS



TRABA IMPERFECTA

(fol. 16)

BÓVEDA DE HORNO
CAÑÓN EN BAJADA
FINAL DE GALERÍA

Estas bóvedas resultan débiles para el tránsito rodado.

BÓVEDA POR ARISTA: Las cargas se acumulan en las aristas, que resisten mal si son rebajadas.

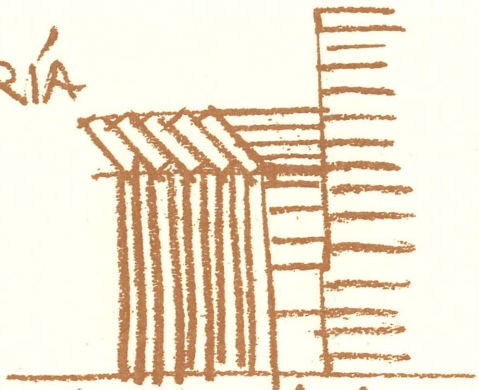
Los bizantinos hacían las aristas con un arco de circunferencia, centro DD´, bajo el plano de arranque *(fig. 17.1)*. Se determina por el giro del listón L, en el plano del diagonal AB; se sujeta por dos cuerdas a la recta CD, eje del giro (C´y C´´).

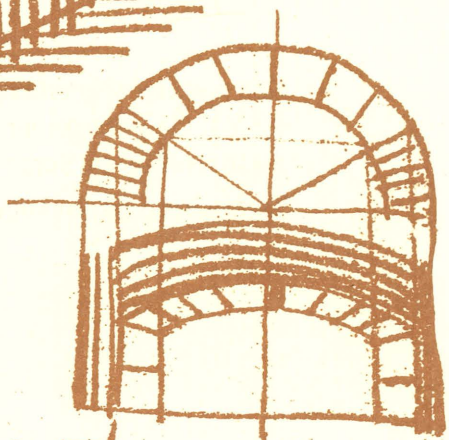
16.1. Secciones longitudinal y transversal de bóveda de horno.
16.2. Sección longitudinal de una bóveda inclinada con hiladas verticales.
16.3. Detalle del encuentro de una bóveda de aparejo cónico con el hastial.
16.4. Planta y alzado de bóveda con aparejo mixto, a base de hiladas voladas en los riñones.
16.5. Detalle del aparejo en la diagonal de una bóveda de arista, con indicación de la concentración de esfuerzos en la misma.
16.6. Esquema geométrico, en planta, de bóveda por arista.
16.7. Alzado diagonal de bóveda vaída.

BÓVEDA DE HORNO

GANTÓN EN BAJADA

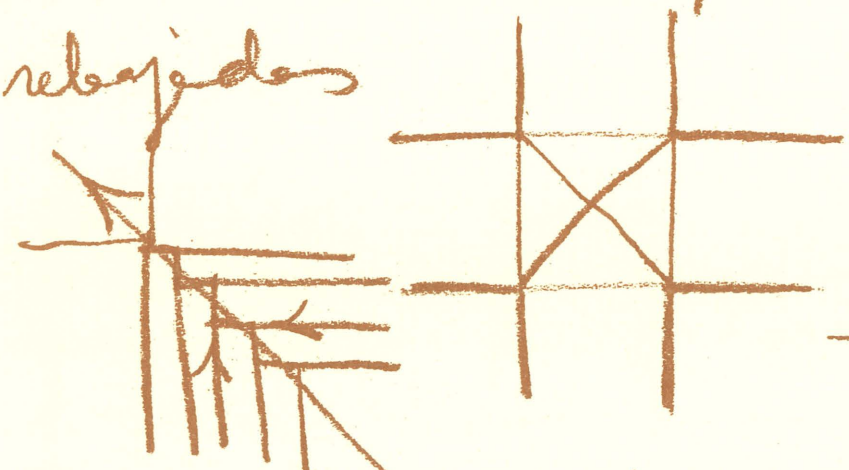
FINAL DE GALERÍA

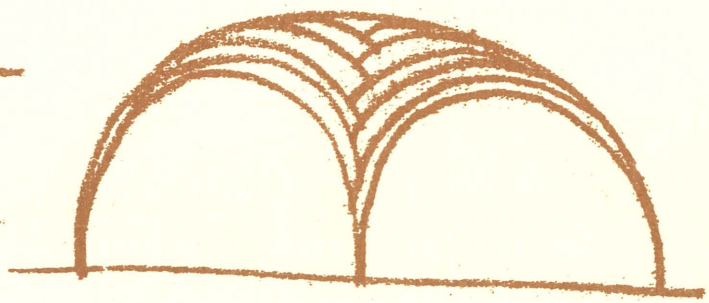




Estas bóvedas resultan débiles para el terreno rodado

BÓVEDA POR ARISTA: Las cargas se acumulan en las aristas que existen pues si son rebajadas





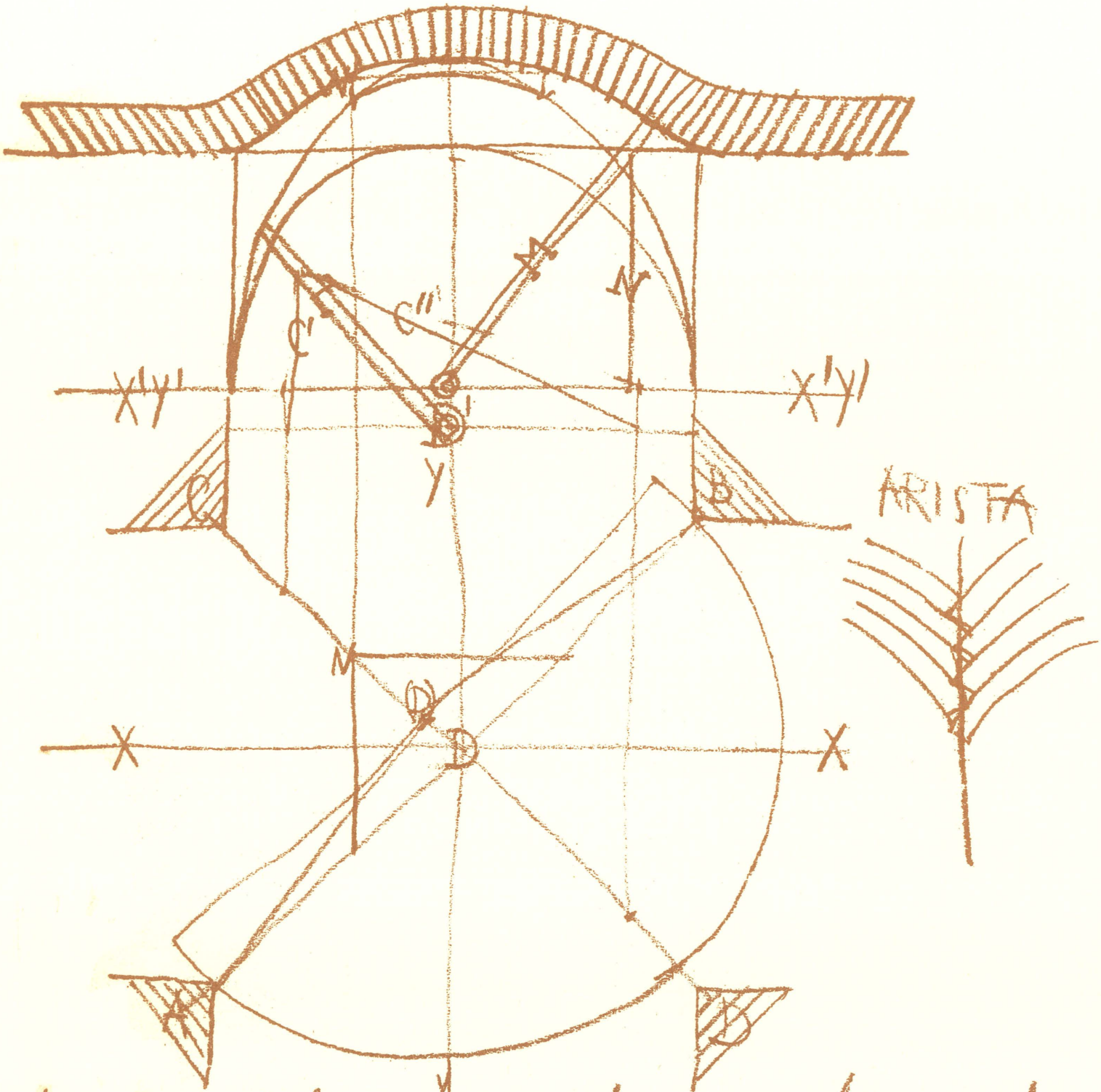
Los bizantinos hacían las aristas en arco de circunferencia, centro DD', bajo el plano de arranque. Se determina por el giro del listón L, en el plano del diagonal AB se fija en dos puntos a la recta CD, eje del giro (C' y C'')

(fol. 17)

Los paralelos se engendran por el giro de los puntos (NN´) de la diagonal alrededor de XX y de YY. Se determinan por el giro de un listón (M), fijo en O y sujeto por la cuerda (N). Así están hechos en Santa Sofía *(de)* Constantinopla.

También se hacen sobre cañones de diferente diámetro.

17.1. Trazado generador, en planta y sección, de bóveda por arista bizantina sobre planta cuadrada.
17.2. Detalle del aparejo de la diagonal: "ARISTA".



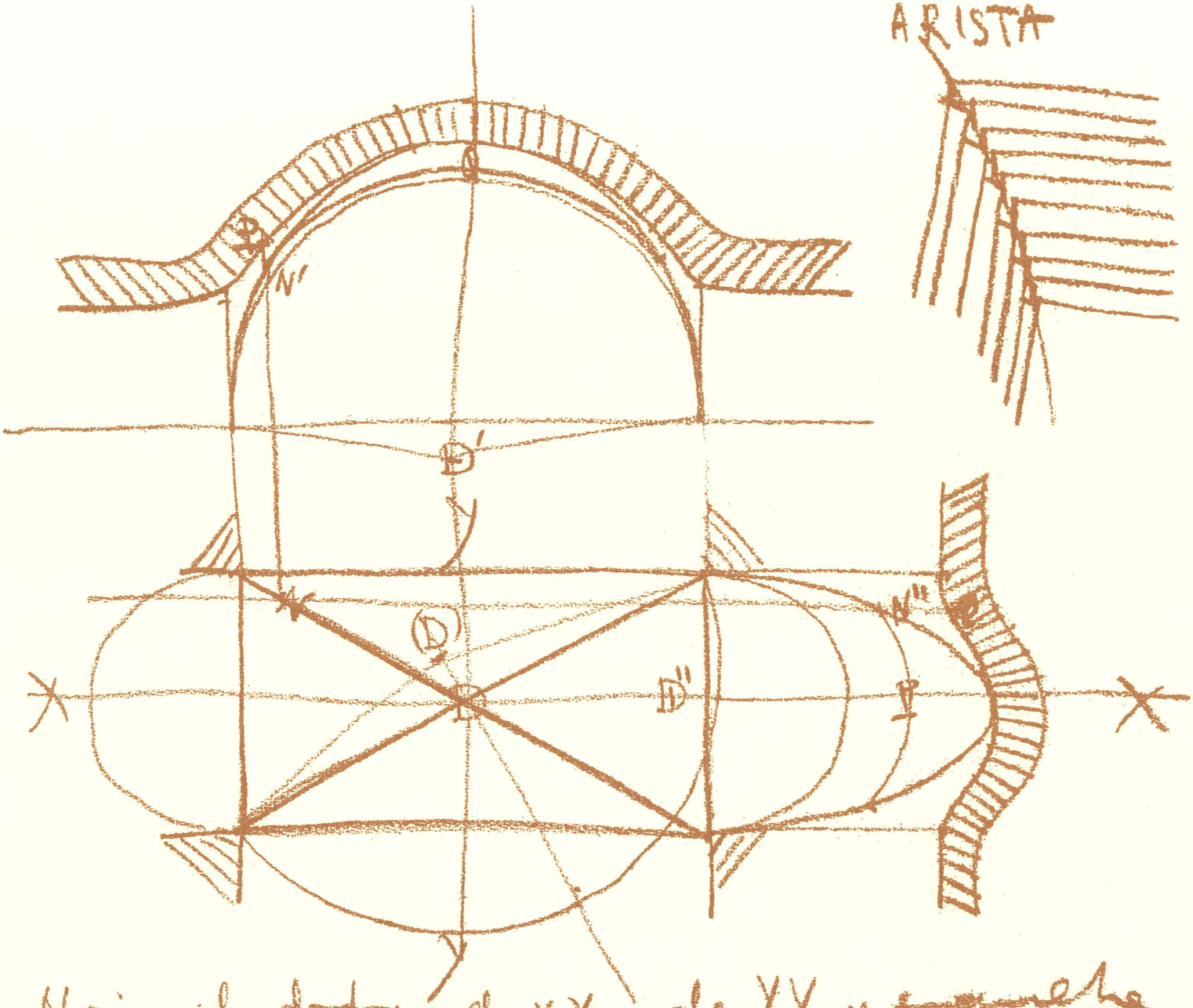
Los paralelos se engendran por el giro de los puntos (NN') de la diagonal alrededor de XX y de YY. Se determinan por el giro de un listón (M), fijo en O y sujeto por la cuerda (N). Así están hechos en Santa Sofía Constantinopla. También se hacen sobre cañones de diferente diámetro

(fol. 18)

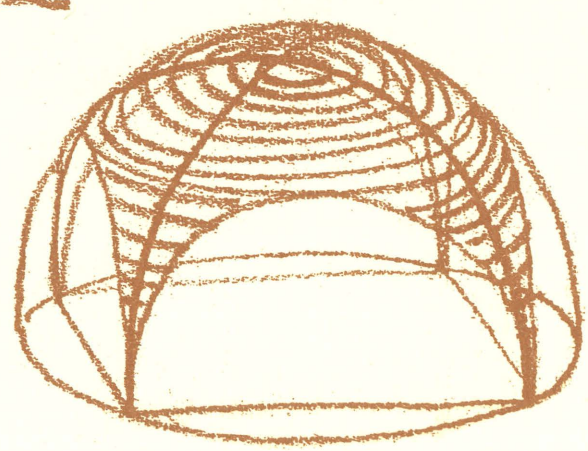
N gira alrededor de XX y de YY y engendra los paralelos N´´P y N´Q, cuyos puntos más altos son P y Q.

BÓVEDA VAÍDA: El centro del diagonal está en el plano de arranque. En la bóveda en rincón de claustro está encima.

18.1. Trazado generador, en planta y secciones longitudinal y transversal, de bóveda por arista bizantina sobre planta rectangular.
18.2. Detalle del aparejo de la diagonal: "ARISTA".
18.3. Génesis geométrica, en axonometría, de la bóveda vaída.



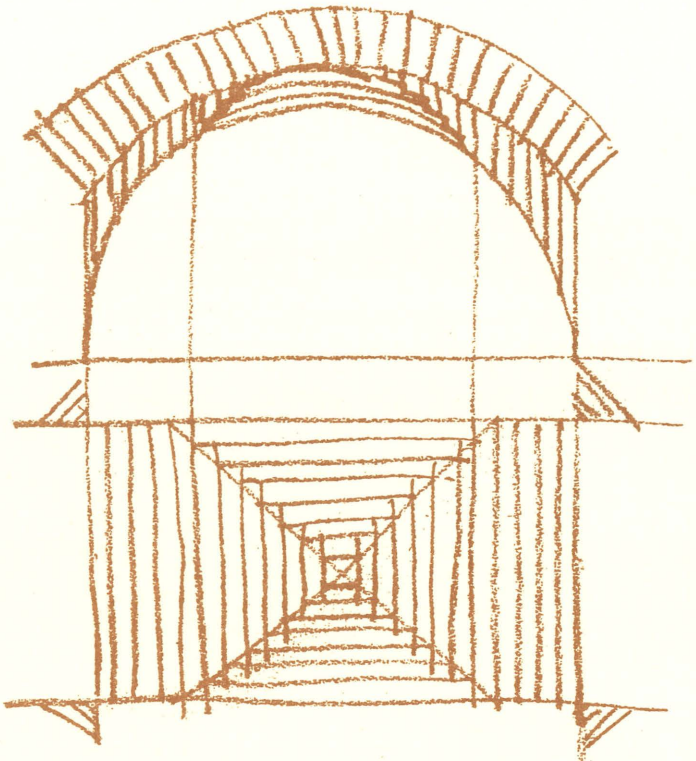
N gira alrededor de XX y de YY y engendra
los paralelos N''I y N'G, cuyos puntos más
altos son P y Q
BÓVEDA VAÍDA: El cuarto del diagonal está
en el plano de arranque
En la bóveda en rincón
de claustro está encima

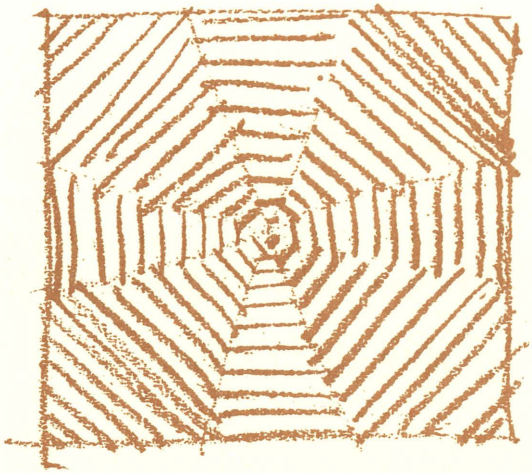


(fol. 19)

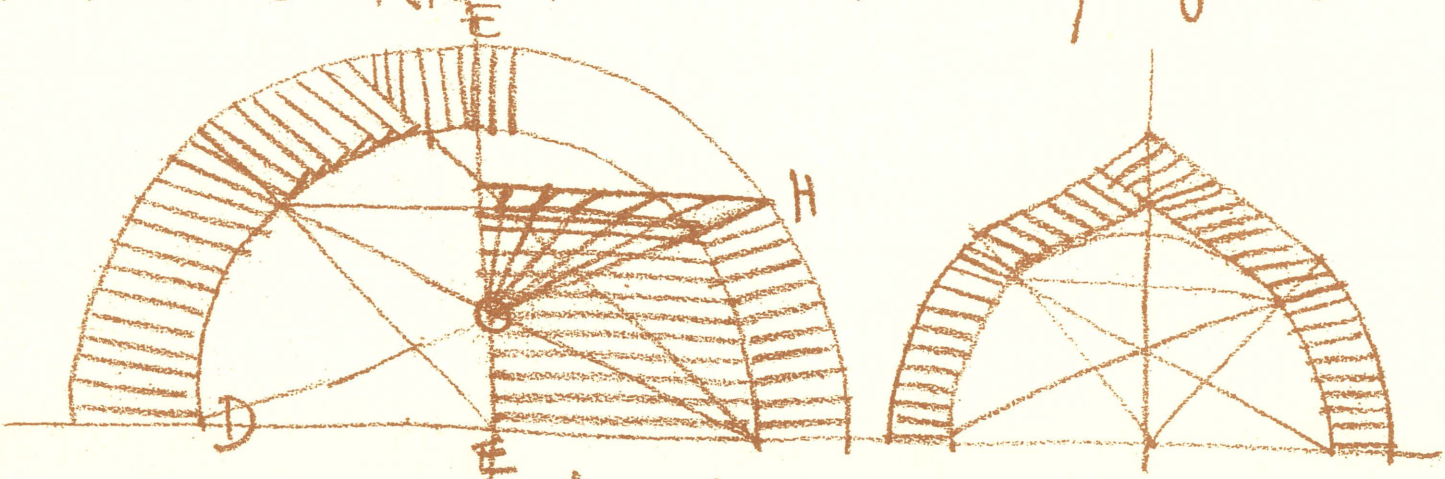
BÓVEDA ESFÉRICA: el centro de la superficie cónica de junta de la hilada H es O, intersección de EE con HD. Con esta disposición, los ángulos $\widehat{HDE}$ son menores de 45º y resbalan menos los ladrillos.
NICHO ESFÉRICO

19.1. Planta y alzado de bóveda por rincón de claustro inscrita en planta rectangular.
19.2. Planta de bóveda compuesta por témpanos en rincón de claustro.
19.3. Sección de bóveda esférica, con indicación de los aparejos y trazado generador.
19.4. Sección de bóveda apuntada, con indicación de los aparejos y trazado generador.
19.5. Alzados, con distintos aparejos, de nicho esférico.





BÓVEDA ESFÉRICA: El centro de la superficie



Coruca de punta de la bóveda H es O, intersección de EE con HD. Con ésta disposición, los ángulos $\widehat{HDE}$ son menores de 45° y resbalan menos los ladrillos

NICHO ESFÉRICO

(fol. 20)

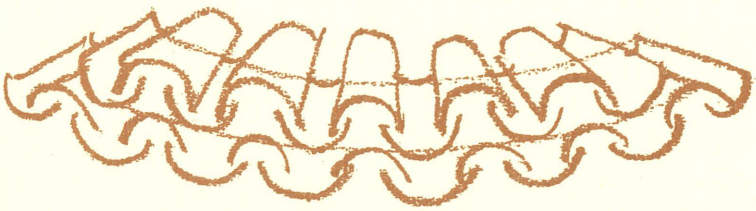
BÓVEDAS ESFÉRICAS LIGERAS, DE TEJAS Y BOTIJOS

BÓVEDA ESFÉRICA SOBRE PLANTA CUADRADA. Se transforma el cuadrado en octógono.

TROMPA CILÍNDRICA

20.1. Detalle de bóveda ligera a base de tejas.
20.2. Idem a base de botes cerámicos.
20.3. Esquema en planta de la transición de la forma circular a la cuadrada mediante trompas.
20.4. Plantas y alzados de trompas cilíndricas.

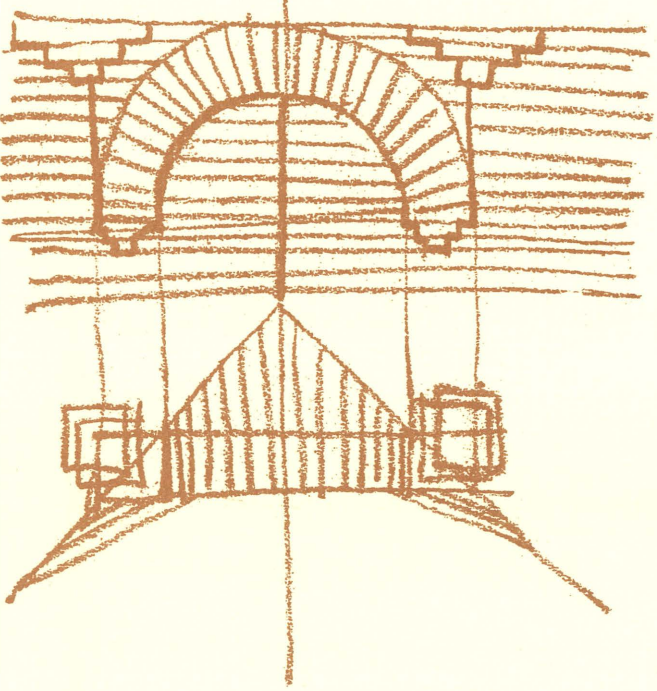
BÓVEDAS ESFÉRICAS LIGERAS, DE TEJAS Y BOTIJOS

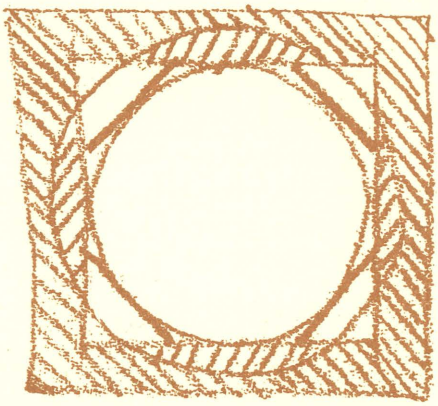


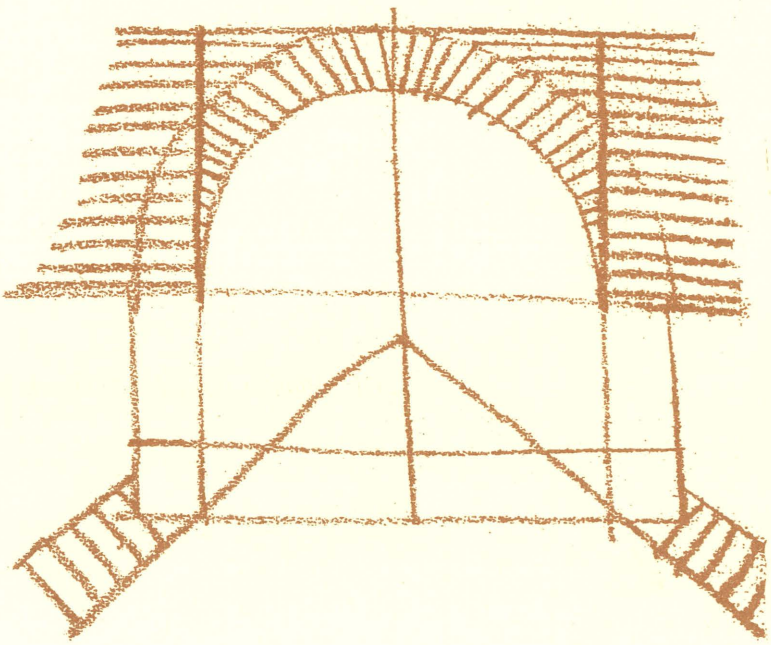
BÓVEDA ESFÉRICA SOBRE PLANTA CUADRADA

la transforma el cuadrado en octógono

TROMPA CILÍNDRICA





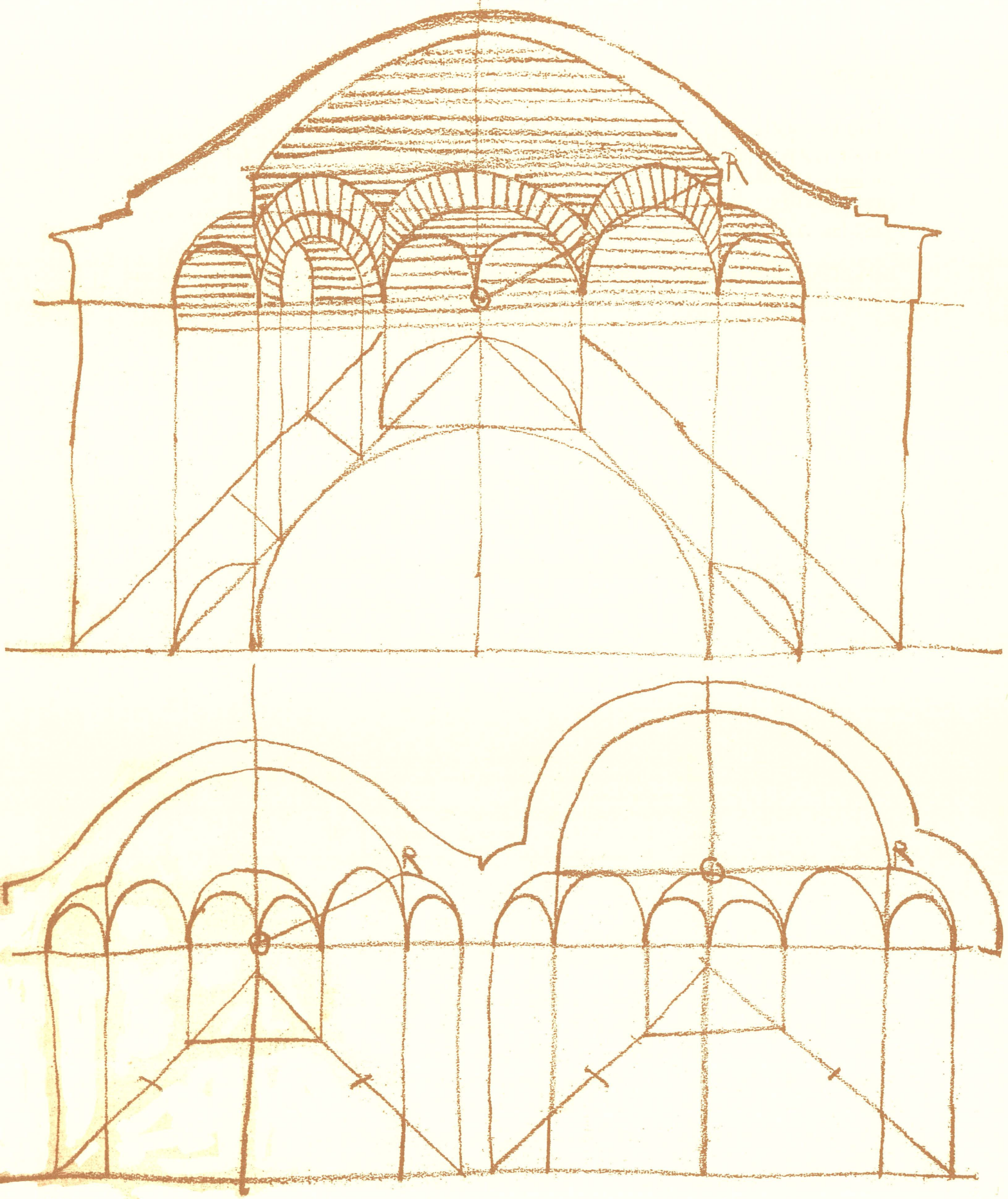


(fol. 21)

O centro y $\overline{OR}$ radio de la superficie esférica.

21.1. Plantas y alzados de bóveda esférica inscrita a un cuadrado con trompas esféricas.

O centro y OR radio de la superficie anfórica



(fol. 22)

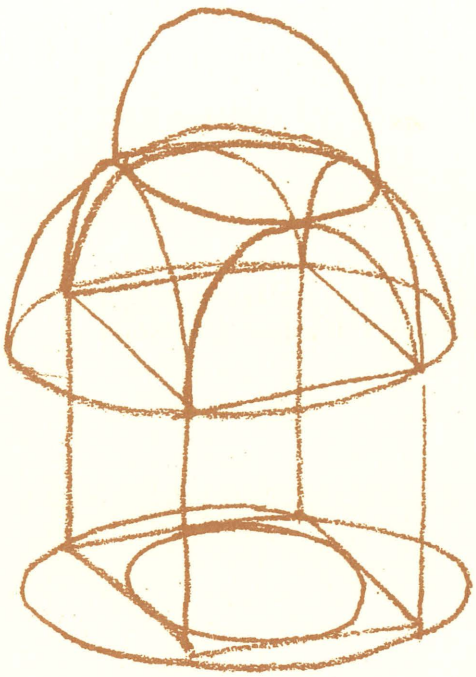
BÓVEDA SOBRE PECHINAS Y ARCOS TORALES: Las hiladas inferiores de la pechina forman ángulos agudos con los arcos torales. Se evita terminándolos en un ladrillo grande cortado (I), cambiando de curvatura los extremos (II), o dando a cada hilada la forma de un cuadrante (III).

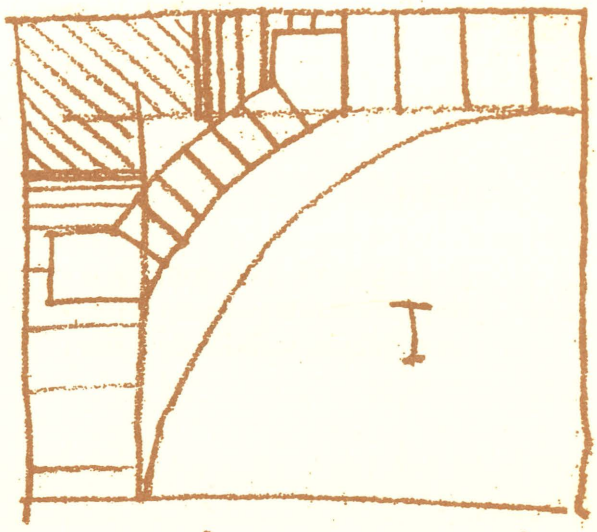
San Marcos de Venecia, Santa Sofía de Salónica, Andrinópolis.

BÓVEDAS DE SILLAREJO: Intermedias entre las concrecionadas y las de sillería. Admiten alguna deformación. Empiezan con el cristianismo, que hizo basílicas hasta el *(...)*

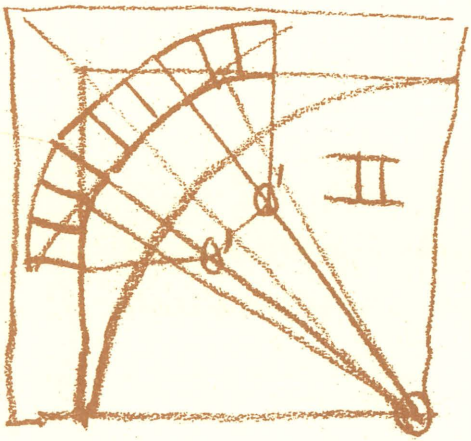
22.1. Génesis geométrica, en axonometría, de la cúpula sobre pechinas.
22.2. Detalle, en planta, del entronque de una pechina en los arcos torales mediante ladrillos de mayor tamaño: "I".
22.3. Idem mediante cambio de curvatura: "II".
22.4. Idem dando a cada hilada la forma de un cuadrante: "III".

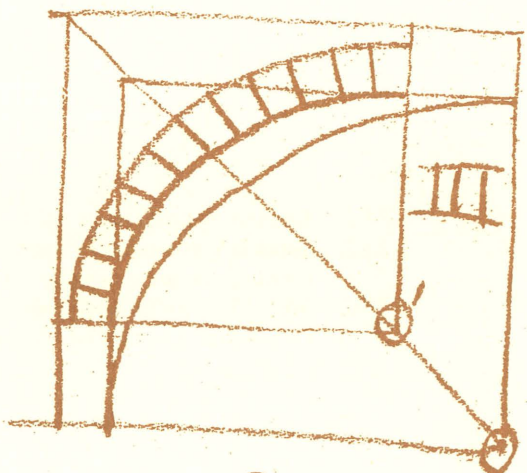
BÓVEDA SOBRE PECHINAS Y ARCOS TORALES:





Las bíledas inferiores de la pechina forman ángulos agudos con los arcos torales, se evitan terminándolas en un ladrillo grande cortado (I) cambiando de curvatura los extremos (II), o dando a cada bíleda la forma de un cuadrante (III)





San Marcos de Venecia, Santa Sofía de Salónica, Andrinópolis

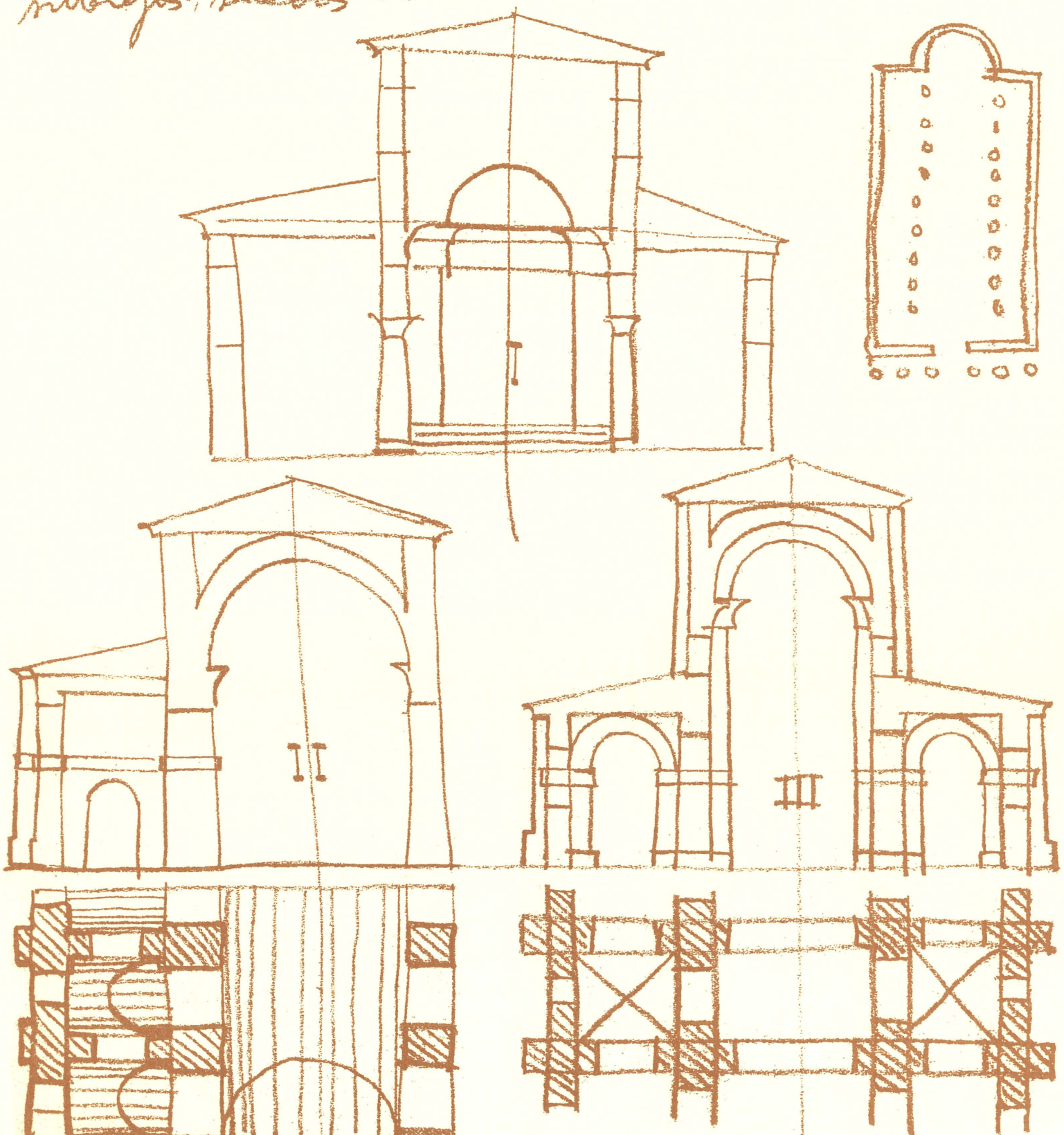
BÓVEDAS DE SILLAREJO: Intermedias entre las concrecionadas y las de Tillería. Admiten alguna deformación. Empiezan con el cristianismo, que hizo basílicas hasta el

(fol. 23)

(...) siglo VI. Las armaduras de madera se quemaban a menudo, y se substituyeron con bóvedas distintas de las romanas, por falta de medios en grande, pero contaban con limosna en sillarejos, sacados de ruinas.

23.1. Sección y planta de basílica cristiana: "I".
23.2. Sección y planta de iglesia con bóveda de cañón en la nave central y cañones normales al eje en las laterales: "II".
23.3. Sección y planta de iglesia con bóveda de cañón, peraltada sobre franja de ventanas, en la nave central y bóvedas de arista en las laterales: "III".

siglo VI. Las armaduras de madera se empleaban a menudo, y se substituyeron con bóvedas distintas de las romanas; por falta de medios en grande, pero contaban con limosna en sillarejos, sacados de ruinas



(fol. 24)

Se hace bóveda de cañón en la nave central, que queda oscura y cañones normales al eje de la iglesia en las laterales (II) *(fig. 23.2)*.

Se aumenta la iluminación con ventanas en la nave central, que se refuerza con arcos fajones y resaltos exteriores (III) *(fig. 23.3)*. Entre las ventanas y las naves bajas queda un espacio plano que se pinta, o se deja la piedra al descubierto. Este sistema no permite mucha altura. Se evita la deformación de la bóveda entre los fajones con la cadena de maderos de pie y cuarto o media vara (siglos IX y X).

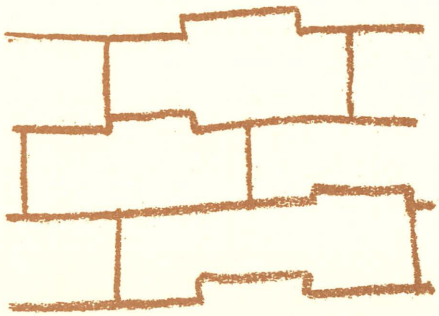
JUNTAS EN EL SEPULCRO DE TEODORICO (RÁVENA)

ARISTA

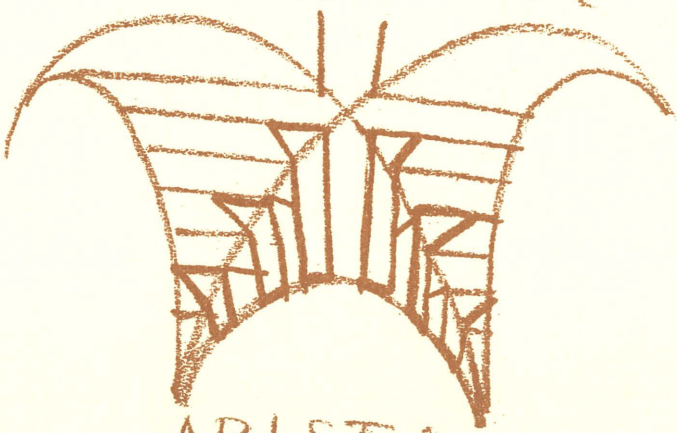
En aquel tiempo se hacían otras iglesias con bóvedas de cuadrante como contrarresto. Con estos sistemas queda oscura la nave central, y por esto se decide cubrirla con bóveda por arista sobre espacios cuadrados limitados por los arcos fajones.

24.1. Detalle de aparejo de muro con sillares cajeados.
24.2. Intradós de bóveda por arista, con indicación del despiezo.

Se hace bóveda de cañón en la nave central, que queda oscura y cañones normales al eje de la iglesia en las laterales (II)
Se aumenta la iluminación con ventanas en la nave central, que se refuerza con arcos fajones y resaltos exteriores (III)
Entre las ventanas y la naves bajas queda un espacio plano que se pinta, o se deja la piedra al descubierto
Este sistema no permite mucha altura
Se evita la deformación de la bóveda entre los fajones con una cadena de maderos de pié y cuarto o media vara (Siglos IX y X)



JUNTAS EN EL SEPULCRO DE TEODORICO (RÁVENA)



ARISTA

En aquel tiempo se hacían otras iglesias con bóvedas de cuadrante como contrarresto
Con éstos sistemas queda oscura la nave central y por esto se decide cubrirla con bóveda por arista sobre espacios cuadrados limitados por los arcos fajones

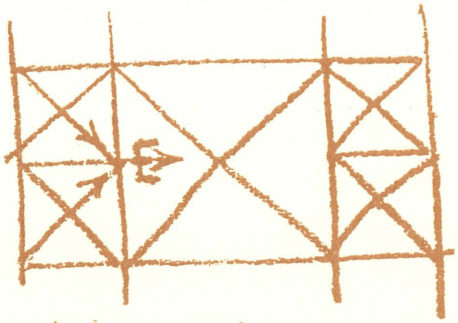
(fol. 25)

El empuje E queda sin contrarresto.

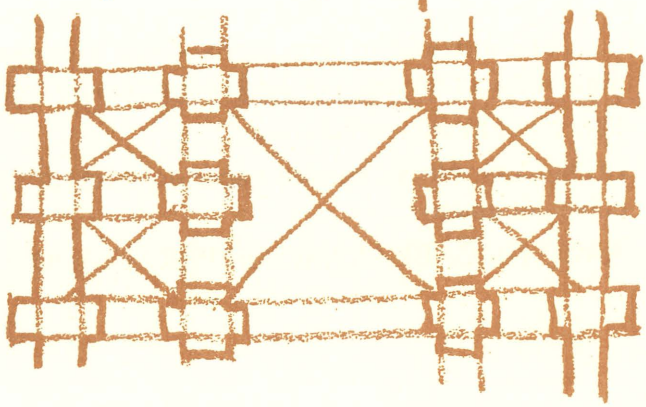
SANTIAGO DE GALICIA

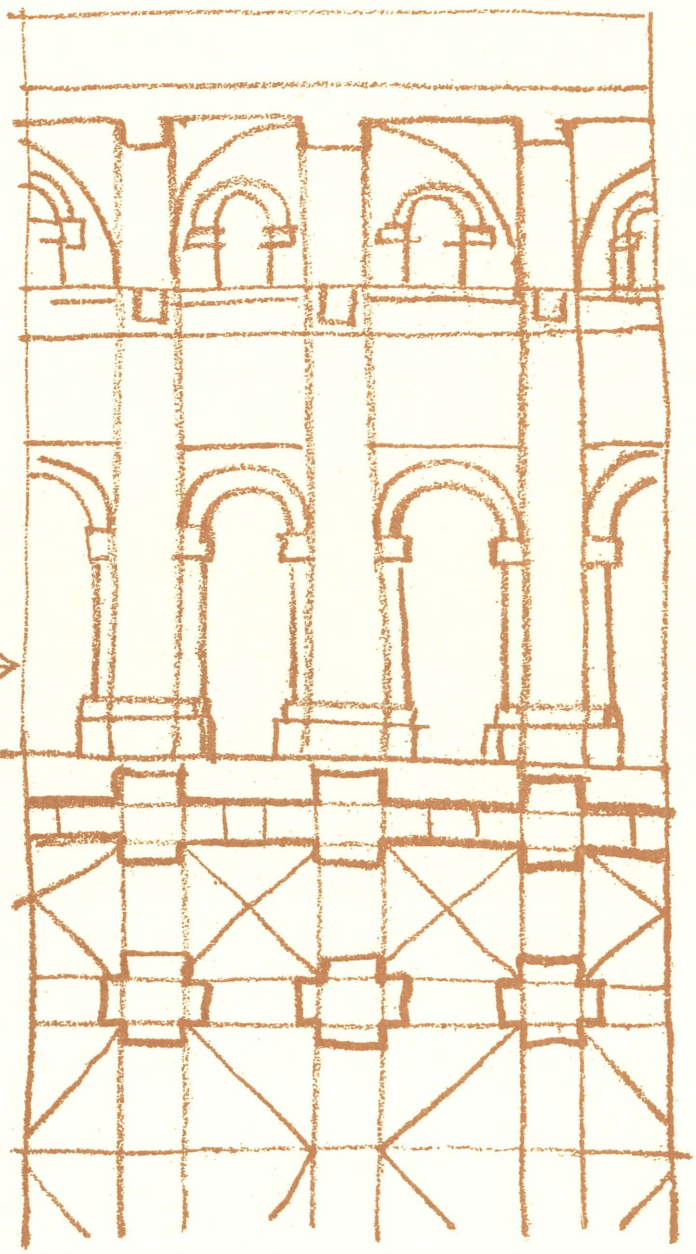
Con este sistema se contrarresta E, pero la bóveda por arista queda dividida por un arco, trasdosado en línea recta, sin aprovechamiento. *(...)*

25.1. Sección transversal y detalle de la planta de la catedral de Santiago de Compostela.
25.2. Esquema, con indicación de empujes, y planta de iglesia con bóvedas de arista en la nave central, abrazando dos tramos de las laterales.
25.3. Sección longitudinal y detalle de planta de iglesia con bóveda de arista dividida por arco trasdosado sin aprovechamiento estructural, prolongación sólo del contrarresto de las naves laterales.



El empuje E queda sin contrarresto





Con este sistema se contrarresta E, pero la bóveda por arista queda dividida por un arco trasdosado en línea recta, sin aprovechamiento

(fol. 26)

(...) Para utilizarlo se hace la bóveda de 6 témpanos, difícil de hacer con sillarejo. Por esto se trata de hacer bóveda por arista sobre planta rectangular.

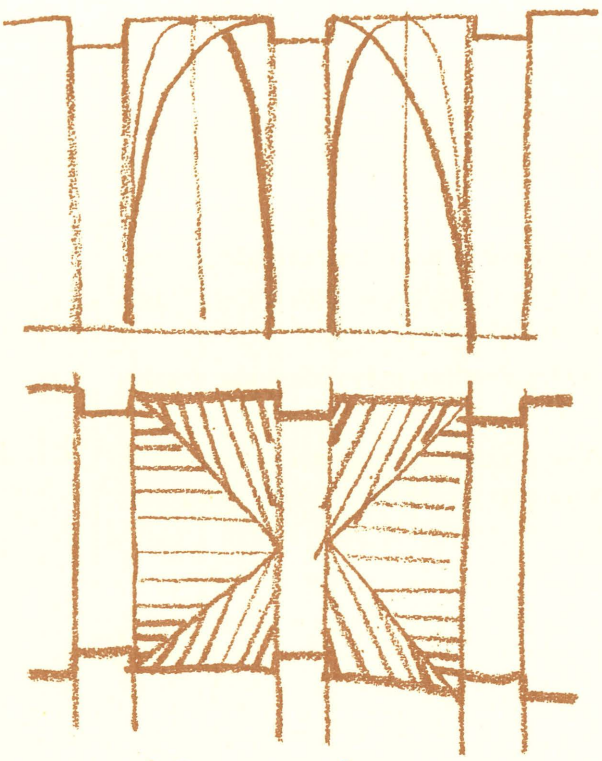
Para ello hay estas soluciones:

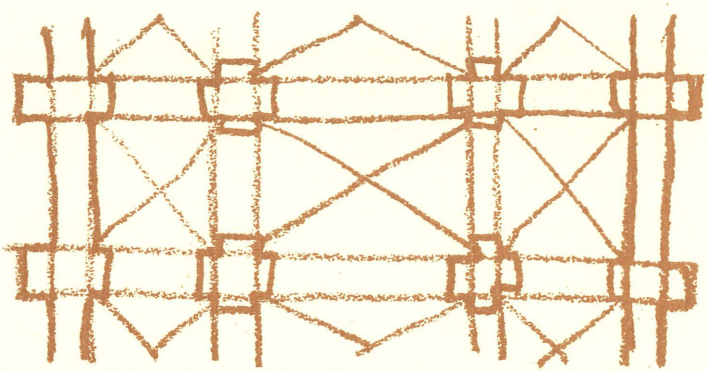
LUNETOS. No se pueden hacer de sillarejo. El 2º es más peligroso por estar más alta la clave del luneto.

ARCO DE CABEZA MENOR PERALTADO: Las diagonales resultan de doble curvatura.

26.1. Sección longitudinal y planta de bóveda sexpartita.
26.2. Planta de iglesia con bóvedas de arista sobre planta rectangular.
26.3. Secciones, plantas y alzados de lunetos cilíndricos y cónicos.
26.4. Trazado, en planta y alzados, de bóveda por arista con arco de cabeza menor peraltado.

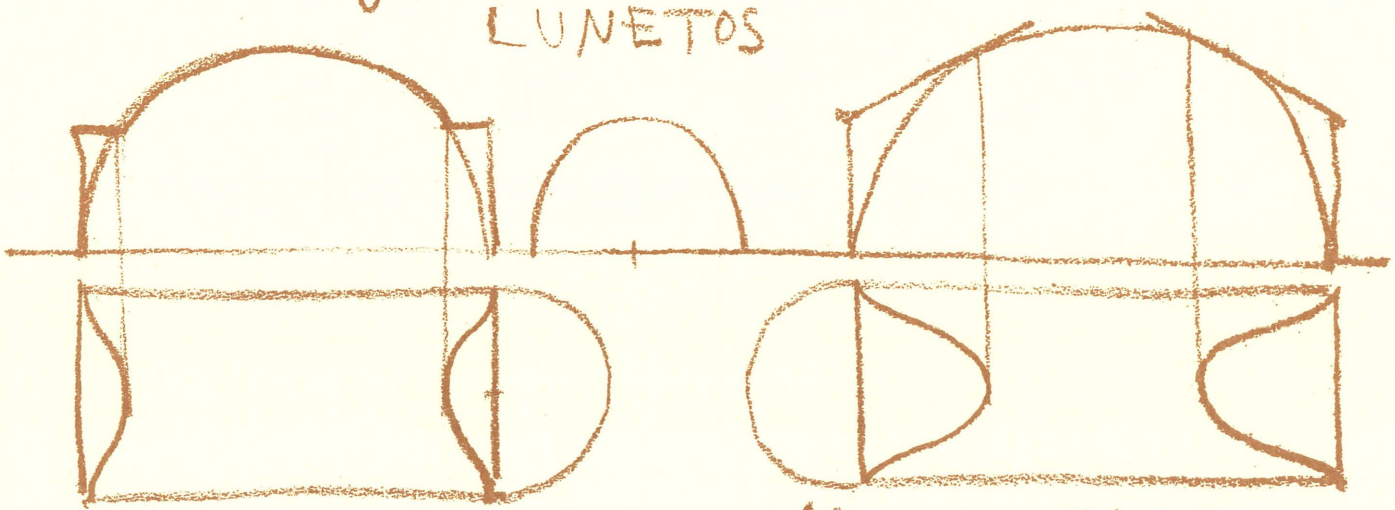
Para utilizarlo se hace la bóveda de 6 tal paños. difícil de hacer con sillarejo. En éste se trata de hacer bóveda por arista sobre planta rectangular





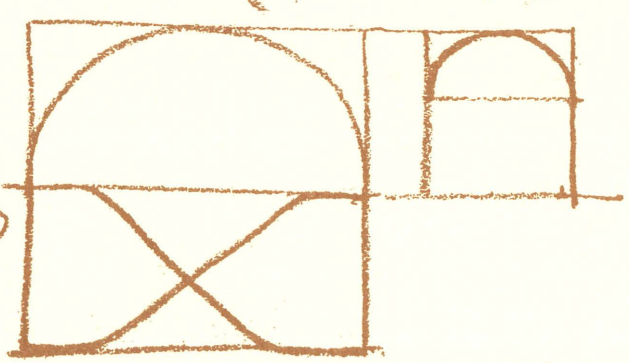
Para ello, hay estas soluciones

LUNETOS



No se pueden hacer de sillarejo. El 2º es más peligroso por estar más alta la clave del lunete

ARCO DE CABEZA MENOR PERALTADO: los dígonos resulta de doble curvatura



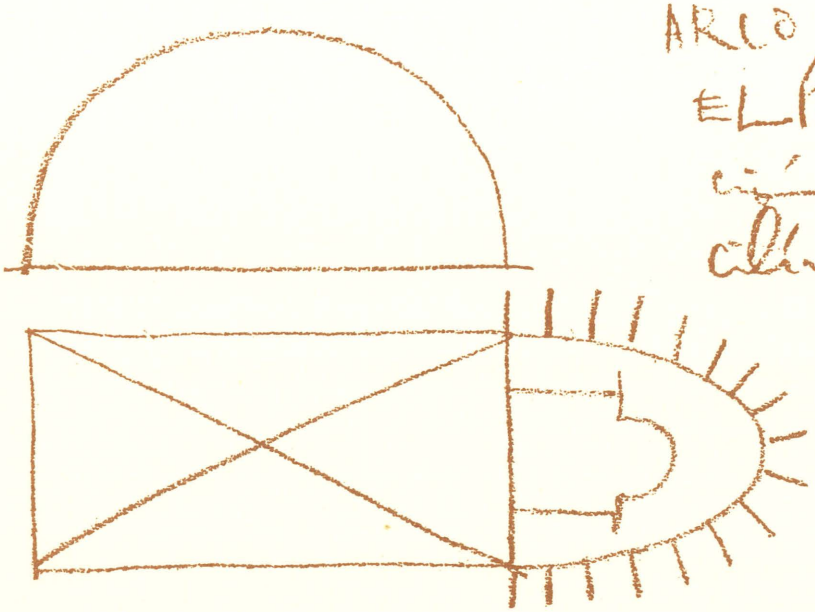
(fol. 27)

ARCO MENOR DE CABEZA ELÍPTICO: es una solución sobre la cimbra cilíndrica, trazando horizontales por los puntos de los arcos diagonales. Los sillarejos no pueden ser paralelepípedos por ser muy acentuadas las elipses. (Normandía, Calvados, Caen).

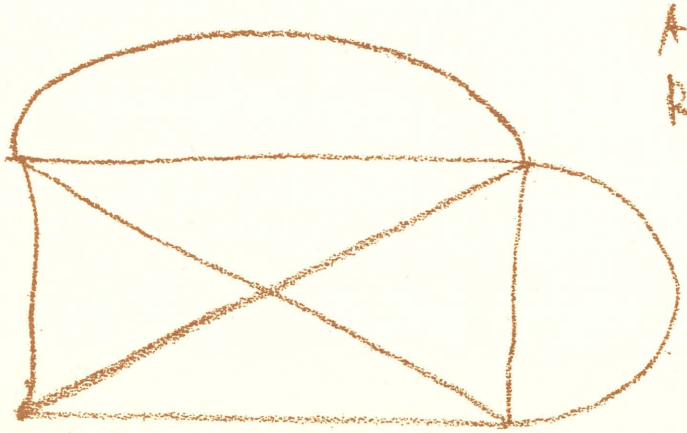
ARCO MAYOR DE CABEZA REBAJADO: Los diagonales resultan más rebajados, y esto es peligroso.

ARCOS DE CABEZA CIRCULARES: Sobre la cimbra se trazan los diagonales y se unen sus puntos con los correspondientes en planta del arco de cabeza menor. OABC pasa por debajo de la *(...)*

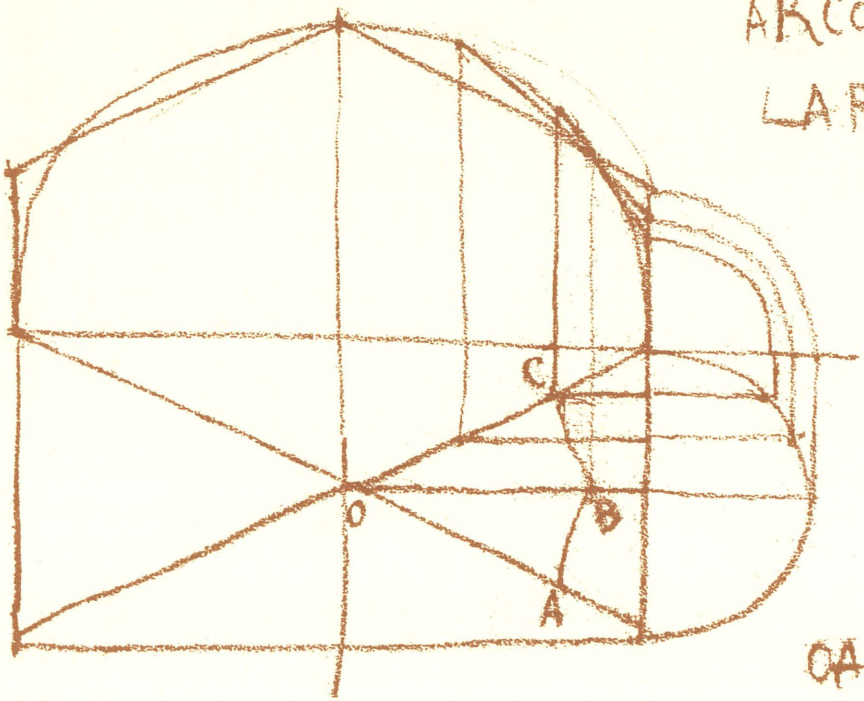
27.1. Trazado, en planta y alzados, de bóveda por arista con arco de cabeza menor elíptico.
27.2. Idem de bóveda por arista con arco de cabeza mayor rebajado.
27.3. Idem de bóveda por arista con arcos de cabeza circulares.



ARCO MENOR DE CABEZA ELÍPTICO: es una solución sobre la cimbra cilíndrica trayendo horizontales por los puntos de los arcos diagonales. Los sillarejos no pueden ser paralelopípedos por ser muy acentuadas las elipses (Normandía, Calvados, Caen)



ARCO MAYOR DE CABEZA REBAJADO. Los diagonales resultan más rebajados, y ésto es peligroso



ARCOS DE CABEZA CIRCULARES. Sobre la cimbra se trazan los diagonales y se unen sus puntos con los correspondientes en planta del arco de cabeza menor. OABC pasa debajo de

(fol. 28)

(...) cimbra. Los témpanos pequeños son superficies alabeadas. Para evitarlo, se unen con líneas curvas y todo queda encima de la cimbra cilíndrica.

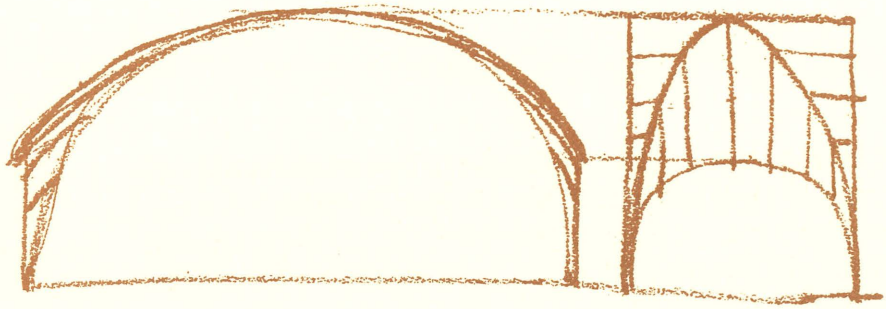
ARCOS DE CABEZA Y DIAGONALES DE MEDIO PUNTO. Resultan témpanos con empino (curvatura del listón) y bombeo.

DISPOSICIÓN DE LAS CERCHAS

DISPOSICIÓN DEL APAREJO (I)

28.1. Alzados de bóveda por arista con arcos de cabeza circulares, no reglada.
28.2. Trazado, en planta y alzados, de bóveda por arista con arcos de cabeza y diagonales de medio punto, no reglada.
28.3. Sección transversal, longitudinal y detalle en planta de bóvedas con disposición del aparejo por rincón de claustro: "FORMERO"/"FAJÓN".

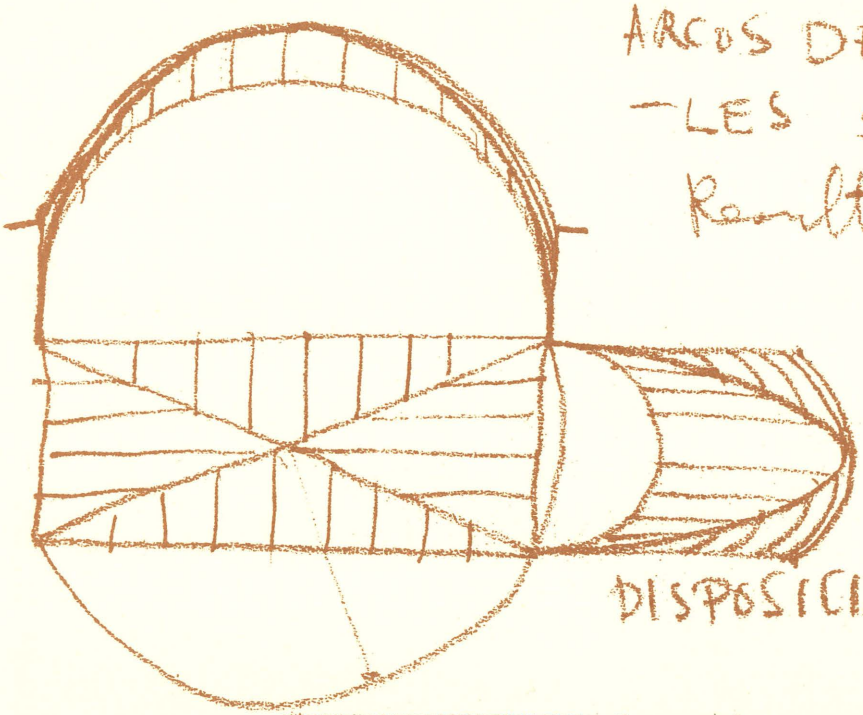
cimbra. Los témperos pequeños son superficies alabeadas.



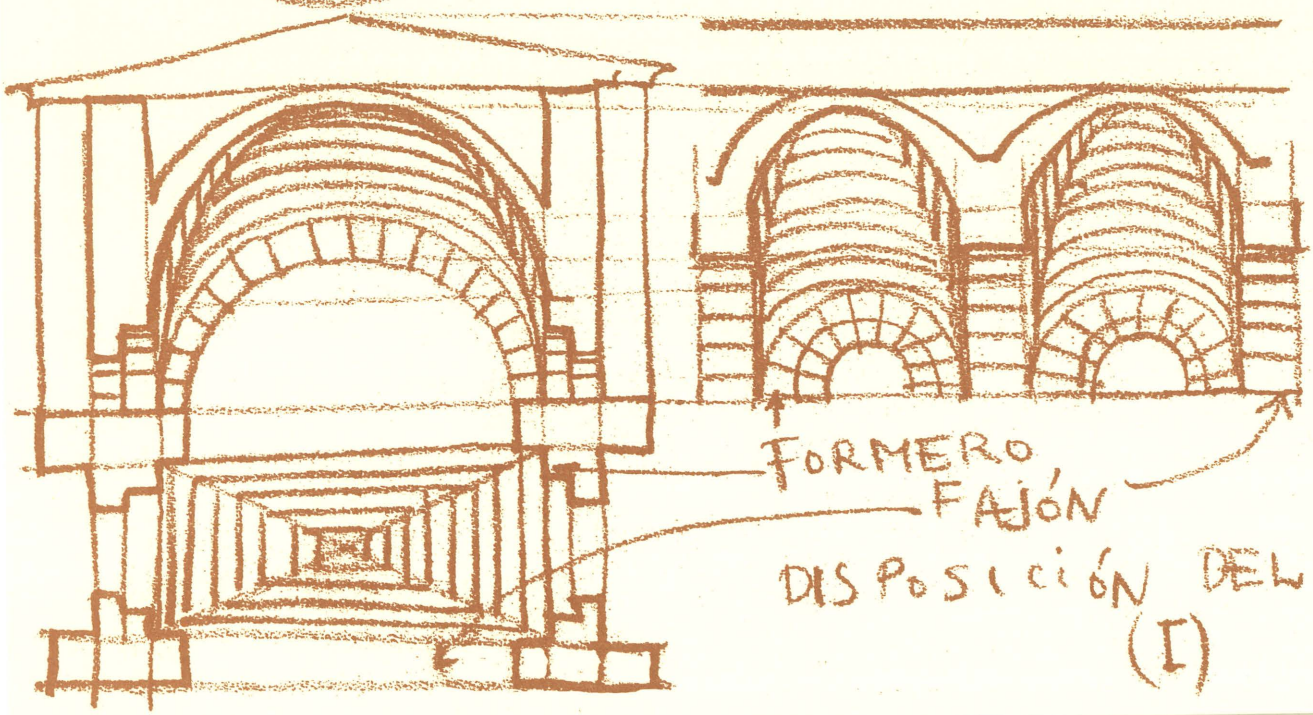
Para evitarlo, se unen con líneas curvas y todo queda encima de la cimbra cilíndrica

ARCOS DE CABEZA Y DIAGONALES DE MEDIO PUNTO

Resultan témperos con empino (curvatura del bastón) y bombeo



DISPOSICIÓN DE LAS CERCHAS



DISPOSICIÓN DEL APAREJO (I)

(fol. 29)

Sigue resultando difícil el enlace en la arista que alguna vez se reforzó con un arco independiente. Se tomó esto como procedimiento de construcción para ocultar la arista y hacerla más segura. Cambia la planta del pilar. Así nace la bóveda ojival (de ojiva, arco diagonal). Las hiladas se dirigen en sentido de la menor curvatura según las cerchas. No hacía falta traba en la arista. Son muy elásticas (Bóvedas articuladas).

Con el aparejo (I) *(fig. 28.3)*, los diagonales tienen carga mínima en la clave, y deben ser de medio punto. Con el aparejo (II) la carga máxima está en la clave y deben ser apuntados.

CARGA PELIGROSA

CARGA FAVORABLE

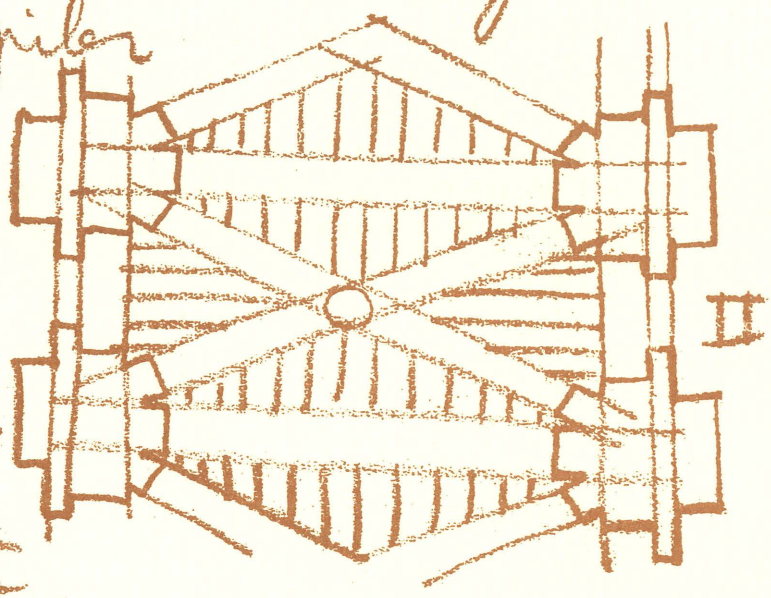
29.1. Detalle de la arista de una bóveda.
29.2. Detalle en planta de bóveda de crucería con indicación de arcos y aparejo: "II".
29.3. Esquemas de carga desfavorable y favorable en arcos de medio punto y apuntado, con indicación del colapso.

Sigue resultando difícil el enlace en la arista que alguna vez se reforzó con un arco independiente.

Se tomó esto como procedimiento de construcción para ocultar la arista y hacerla más segura.

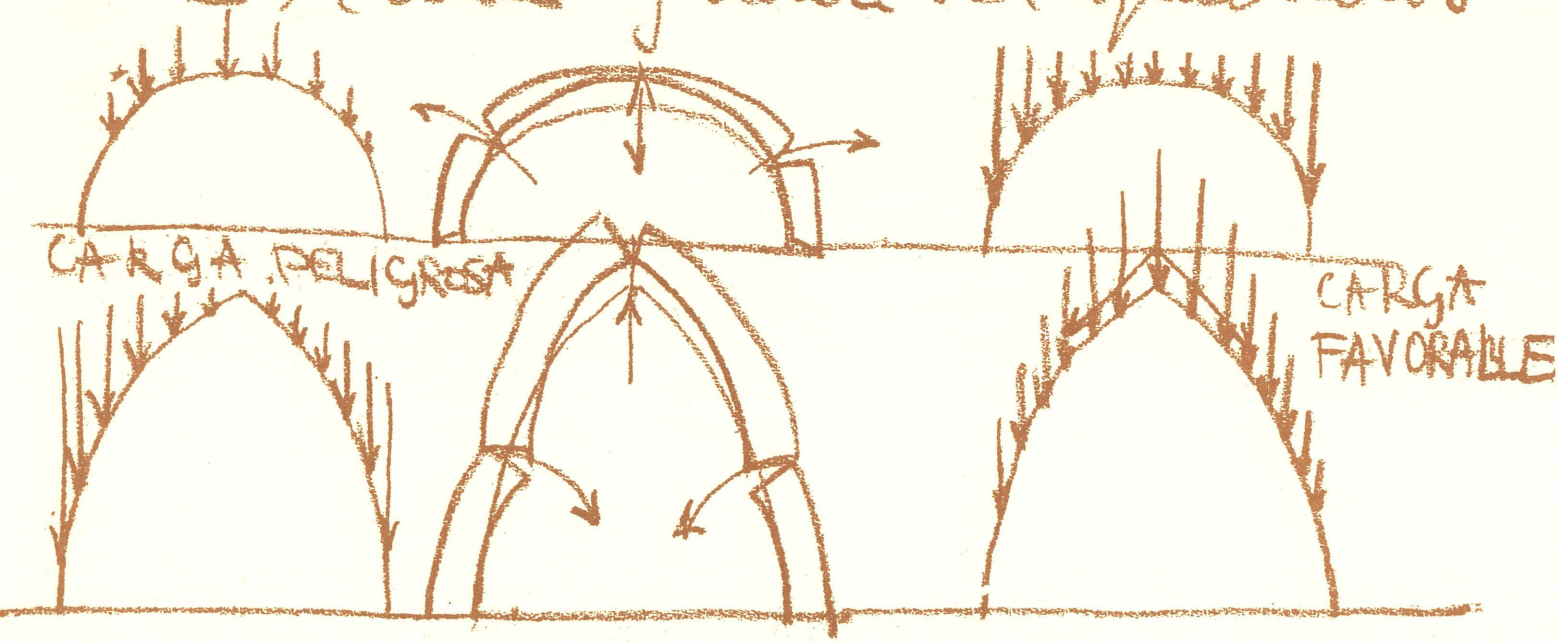
Cambia la planta del pilar.

Así nace la bóveda ojival (de ojiva, arco diagonal). Las bóvedas se dirigen en sentido de la menor curvatura según las cerchas. No hacen falta trabas en la arista.



Son muy elásticas (Bóvedas articuladas)

Con el aparejo (I), las diagonales tienen carga mínima en la clave, y deben ser de medio punto. Con el aparejo (II) la carga máxima está en la clave y deben ser apuntados



(fol. 30)

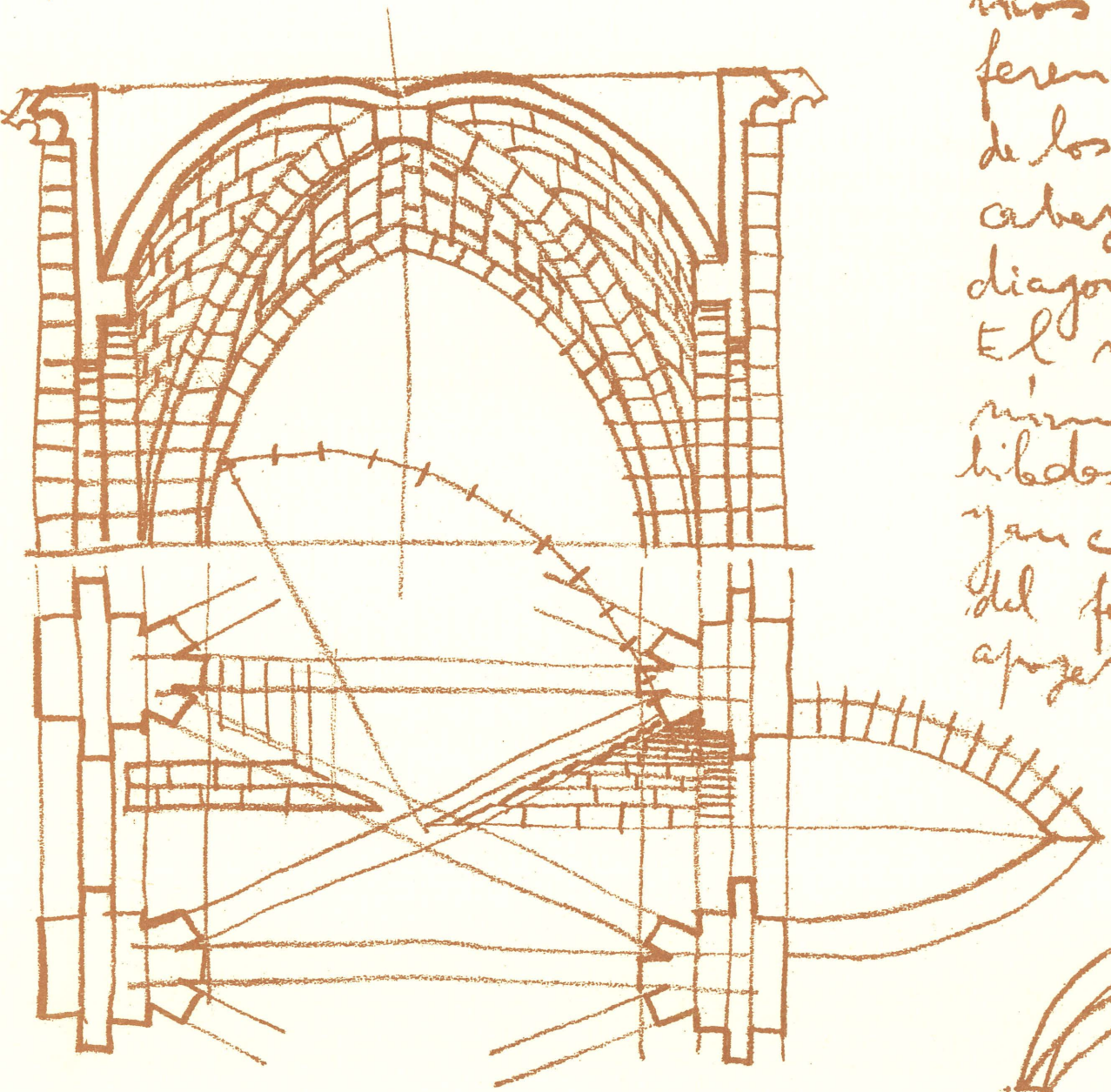
Se hicieron apuntados los fajones y formeros, luego los diagonales.

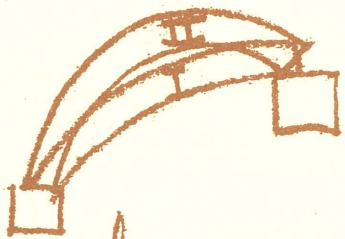
Plementería: las cerchas están formadas por arcos de circunferencia. Van de los arcos de cabeza a los diagonales. El mismo número de hiladas que apoyan en el trasdós del formero apoyará sobre el diagonal.

Línea de espinazo: I: Produce mucha carga en el arco formero y poca en la clave del diagonal. Mucho empuje. II: Produce más carga en el diagonal y menos empujes. Conviene a la forma apuntada de los diagonales. La forma más conveniente se determina *(...)*

30.1. Sección transversal y planta de bóveda de crucería, con indicación de la plementería y del trazado de arcos formeros y cruceros.
30.2. Distintos tendidos de la línea de espinazo de las cerchas de plementería: "I" *y* "II".

Se hicieron apuntados los fajones y formeros, luego los diagonales
Plementería Las cerchas están formadas por arcos de circunferencia. Van de los arcos de cabeza a los diagonales
El mismo número de bilados que apoyan en el trasdós del formero apoyará sobre el diagonal





Línea de espinazo: I: Produce mucha carga en el arco formero y poca en la clave del diagonal. Mucho empuje
II: Produce más carga en el diagonal y menos empujes. Conviene a la forma apuntada de los diagonales.
La forma más conveniente se determina

(fol. 31)

(...) con modelos pequeños. Cada dovela lleva un platillo donde se echan las cargas.

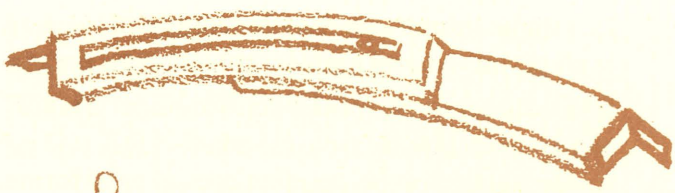
Trazado de la plementería: Con una cercha extendible, cuyo plano se conserva vertical. Se apoya en dos divisiones correspondientes del formero o fajón y del diagonal. El sillarejo s se apoya en la cercha C en el fajón o formero F y en la hilada anterior H. C´: posición anterior de la cercha. Los planos de junta son normales. Los sillarejos son algo desiguales por el empino y bombeo.

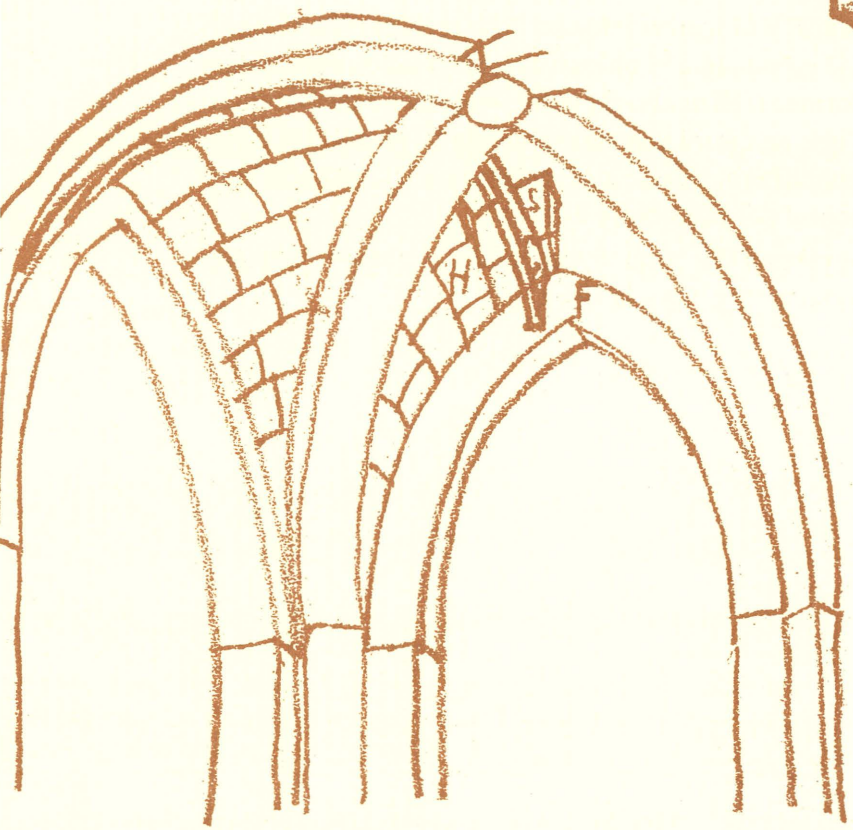
Procedimiento de Planat: Se engendran la bóveda, líneas de junta y planos de junta, por la traslación del formero paralelamente a sí mismo, tocando a los diagonales. Las líneas de junta son paralelas, y las superficies de *(...)*

31.1. Modelo de carga para el trazado de un arco.
31.2. Cercha curva extensible para la plementería.
31.3. Aplicación de la cercha extensible a la construcción de una bóveda de crucería.
31.4. Detalle del anterior.
31.5. Sección transversal del detalle anterior.

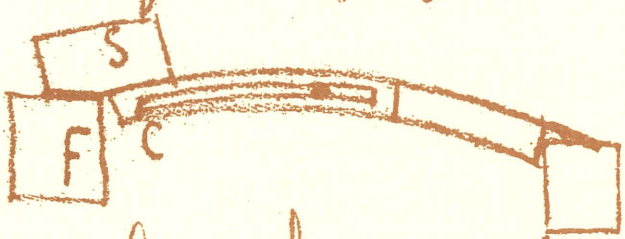
con modelos pequeños. Cada dovela lleva un platillo donde se echan las cargas.

Trazado de la plementería: Como una cercha extendible, cuyo plano se conserva vertical

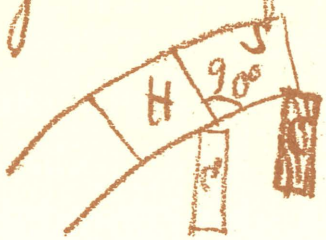




Se apoya en dos divisiones correspondientes del formero ó fajón y el diagonal. El sillarejo S se apoya



en la cercha S en el fajón ó formero F, y en la bilada anterior H



C': posición anterior de la cercha. Los planos de junta son normales. Los sillarejos son algo desiguales por el empuje y bombeo.

Procedimiento de Planck: Se engendran la bóveda, líneas de junta y planos de junta, por la traslación del formero paralelamente a sí mismo, tocando en los diagonales. Las líneas de junta son paralelas y las superficies de

(fol. 32)

(...) junta, cilíndricas. Es procedimiento para sillería. Produce siempre la misma plementería, y no permite dar el empino conveniente para las cargas.

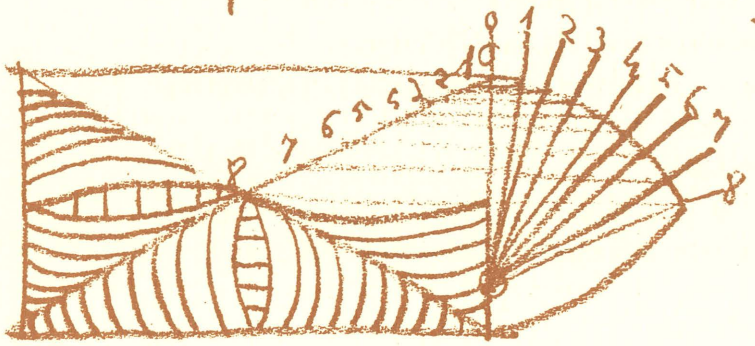
Procedimiento de influencia bizantina: Tiende a la forma esférica. Los rectángulos se aproximan al cuadrado. En cada plano 1,2,3... se coloca la cercha curva. Estos planos determinan los de junta. Son perpendiculares al arco formero. El ancho de la hilada (Ancho de Boquilla) es variable y en lo alto queda un espacio que se cierra transversalmente (Catedral de Colonia). Formeros, Fajones y Ojivas son de igual altura. Se usó este sistema en las rutas de Marsella a Burdeos, por Montpellier y el Garona, y del Danubio y el Rhin.

Otro procedimiento: Se traza la curva de espinazo. Se corta el témpano por planos verticales paralelos al formero 123 que corta al diagonal en 1 y 3 y a la línea *(...)*

32.1. Esquema de trazado de plementería por aparejo abombado.
32.2. Procedimiento de trazado, en planta y alzados, de plementería de bóveda de crucería sobre planta rectangular.

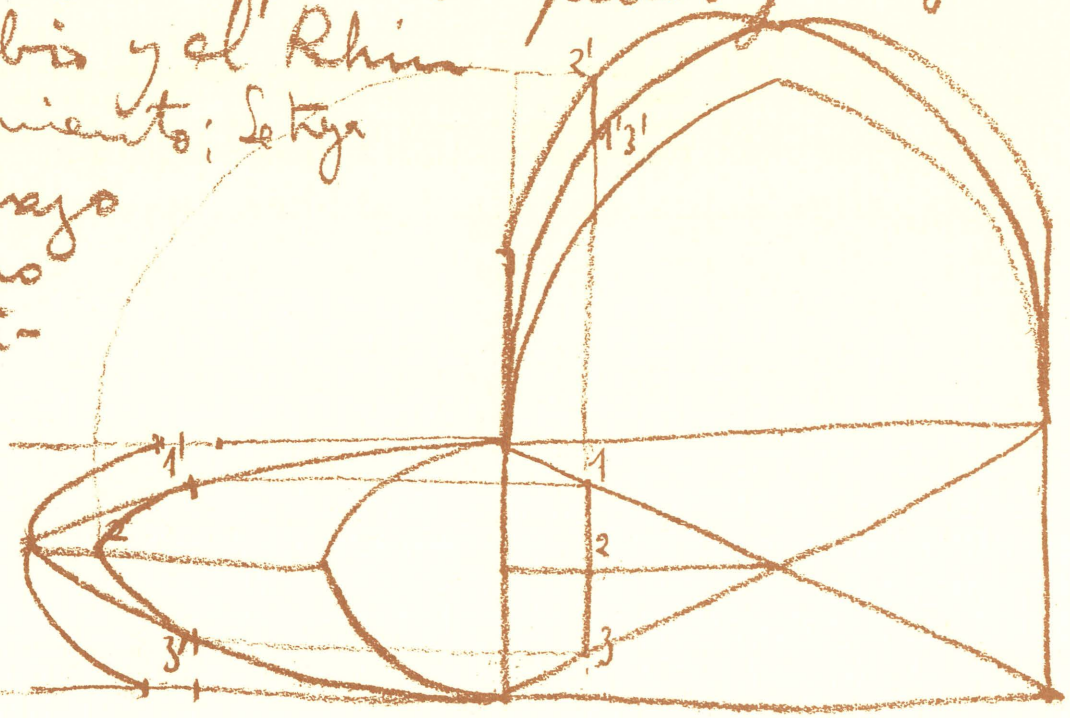
junta, cilíndricas. Es procedimiento para sillería. Produce siempre la misma plementería, y no permite dar el empino conveniente para las cargas.

Procedimiento de influencia bizantina. Tiende a la forma esférica. Los rectángulos se aproximan al cuadrado.



En cada plano 1, 2, 3.... se coloca una cercha curva. Estos planos determinan los de junta. Son perpendiculares al arco formero. El ancho de la hilada (Ancho de boquilla) es variable y en lo alto queda un espacio que se cierra transversalmente (Catedral de Colonia). Formeros, Fajones, y Ojivos son de igual altura. Se usó este sistema en las rutas de Marsella á Burdeos por Montpellier y el Garona, y del Danubio y el Rhin.

Otro procedimiento: Se traza la curva de espinazo. Se corta el tímpano por planos verticales paralelos al formero, 1 2 3 que cortan al diagonal en 1 y 3 y a la línea



(fol. 33)

(...) de espinazo en 2. Por 12 y 23 se trazan 2 arcos de circunferencia. O uno sólo por 123 si el formero es de medio punto. Se despieza por el procedimiento de Viollet o alemán.

Si se peralta el formero se despieza por hiladas horizontales la parte inferior.

Bóveda sexpartita: Usada sobre plantas antiguas. Los pilares eran desiguales. El diagonal es de medio punto y se eleva mucho por lo que aumenta el peso muerto AA.

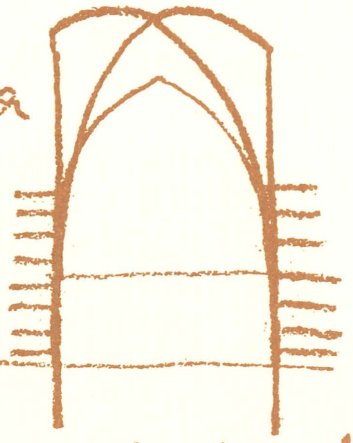
LA PLEMENTERÍA apoya sin mortero sobre el arco.

CRUCERO: La plementería se despieza como si no hubiera terceletes y ligaduras. El empuje del brazo del crucero exige un contrafuerte C o un arbotante con su pilar C´, pues su *(...)*

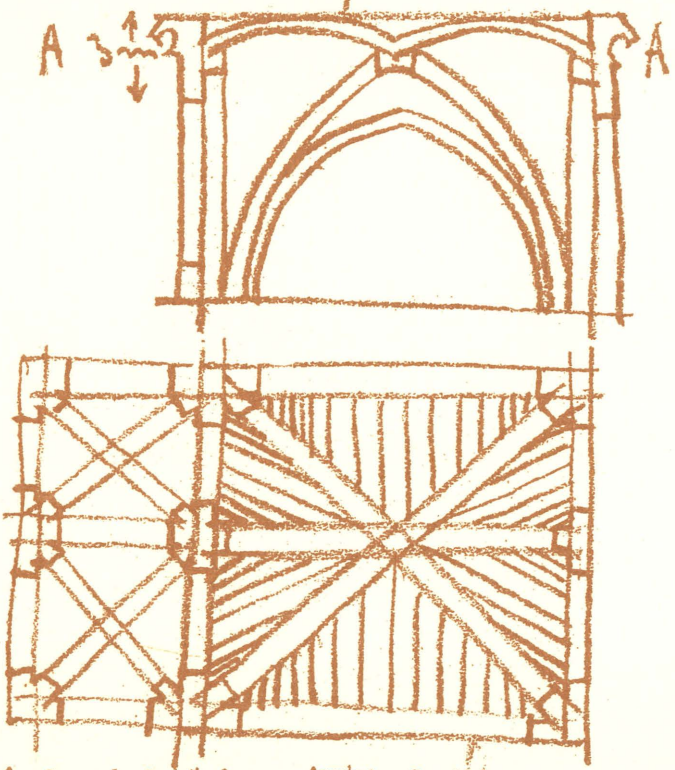
33.1. Sección de bóveda de crucería de formero peraltado, con indicación de hiladas horizontales.
33.2. Planta y sección de bóveda sexpartita, con indicación de plementería.
33.3. Distintos apoyos, en sección, de la plementería sobre el arco.

de espinazo en 2. Por 12 y 23 se trazan arcos de circunferencia. O no sólo por 123 si el formero es de medio punto. Se despieza por el procedimiento de Viollet ó alemán

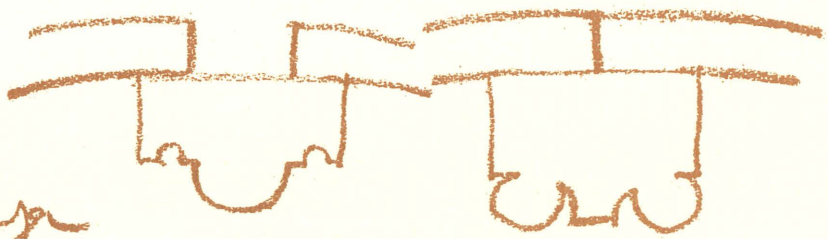
Si se Peralta el Formero se despieza por hiladas horizontales la parte inferior.



Bóveda sexpartita: Usada sobre plantas antiguas



Los pilares son desiguales El diagonal es de medio punto y se eleva mucho por lo que aumenta el peso muerto AA



LA PLEMENTERÍA apoya sin mortero sobre el arco

CRUCERO: La plementería se despieza como si no hubiera tercelete y ligaduras

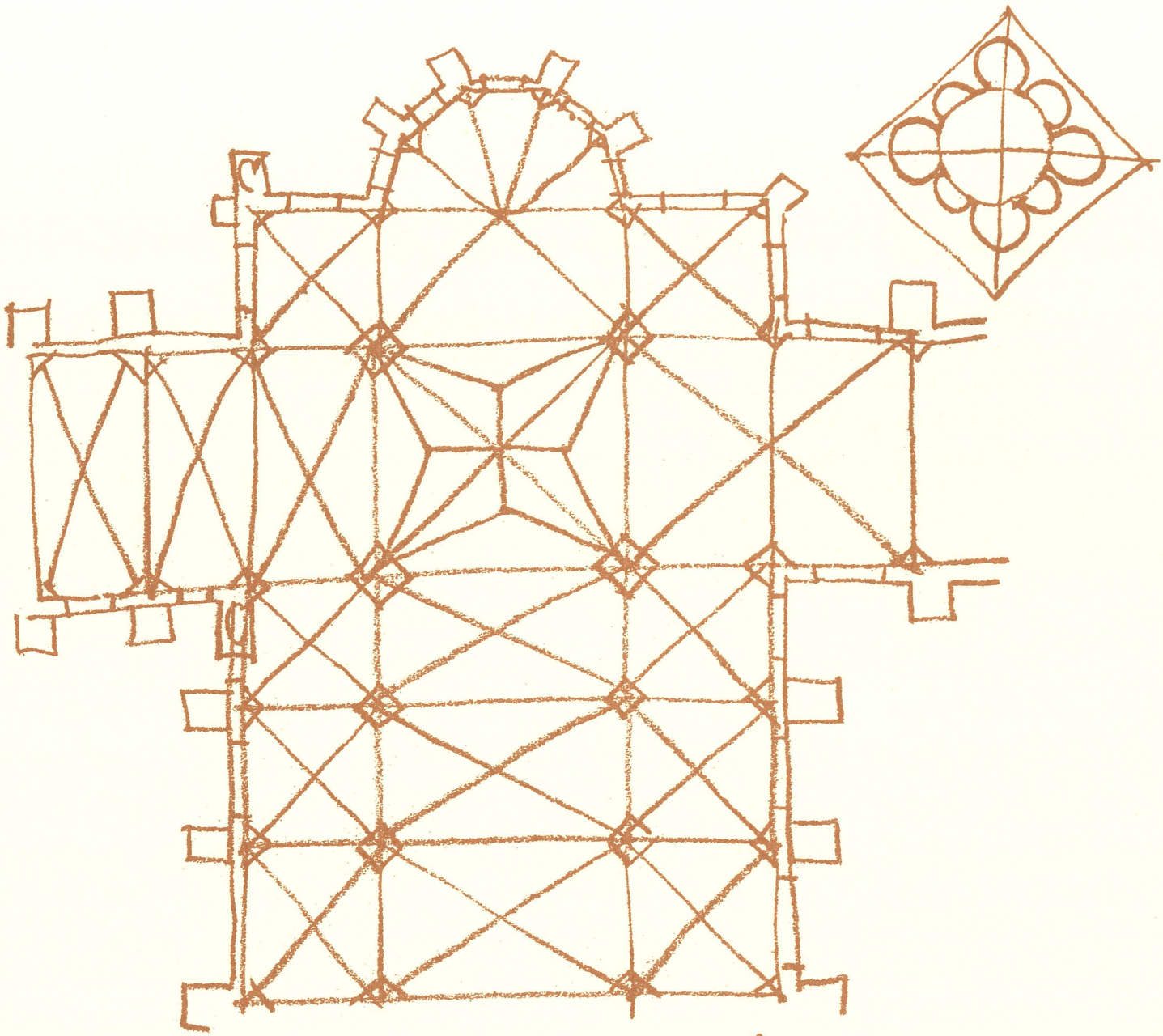
El empuje del brazo del crucero, exige un contrafuerte C ó un arbotante con su pilar C', pues su

(fol. 34)

(...) empuje va por encima de las naves bajas. Para evitarlo se ponen bóvedas sexpartitas.
ÁBSIDES:

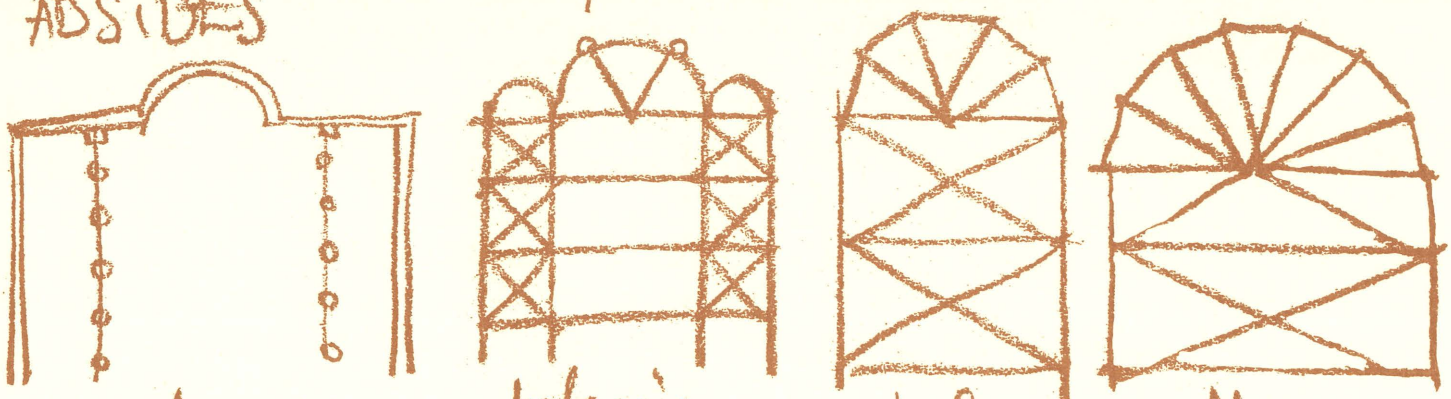
Basílica latina
Iglesia románica
Iglesias góticas

34.1. Planta de crucero de iglesia, con proyección de las bóvedas: de arista en las naves; de terceletes en el crucero.
34.2. Trazado geométrico.
34.3. Plantas de distintos tipos de ábsides.



empuje va por encima de las naves bajas
Para evitarlo se ponen bóvedas sexpartitas

ABSIDES



Básica latina

Iglesia románica

Iglesias góticas

(fol. 35)

BÓVEDAS DE TERCELETES aplicadas a plantas rectangulares en el último período.

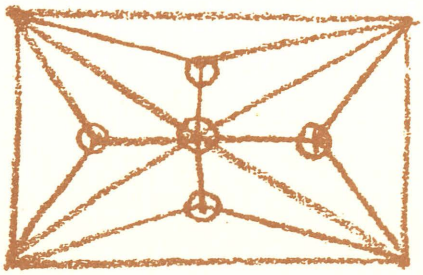
GIROLA: En iglesias románicas, la superficie de la bóveda es un toro; para abrir ventanas se divide en tramos.

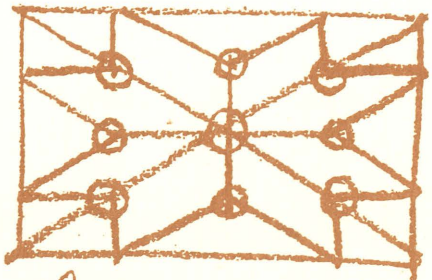
I Cono de eje horizontal

II Cono de eje inclinado

35.1. Dos trazados de bóvedas de terceletes sobre plantas rectangulares.
35.2. Planta de girola, con proyección de bóvedas.
35.3. Desarrollo de los arcos de girola arrancando a la misma imposta que los de la nave.
35.4. Planta y sección de un tramo de girola como intersección de toro y cono de eje horizontal (corresponde al 35.3).
35.5. Idem como intersección de toro y cono de eje inclinado (corresponde al 35.6).
35.6. Desarrollo de los arcos de girola con igual altura de clave que los de la nave.

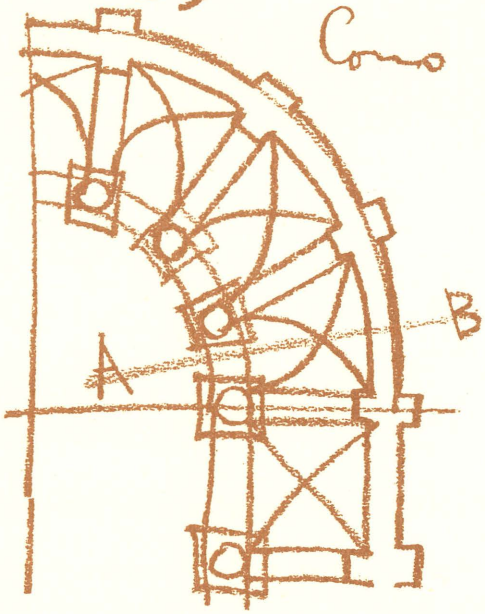
BÓVEDAS DE TERCELETES aplicadas a plantas rectangulares — el último período



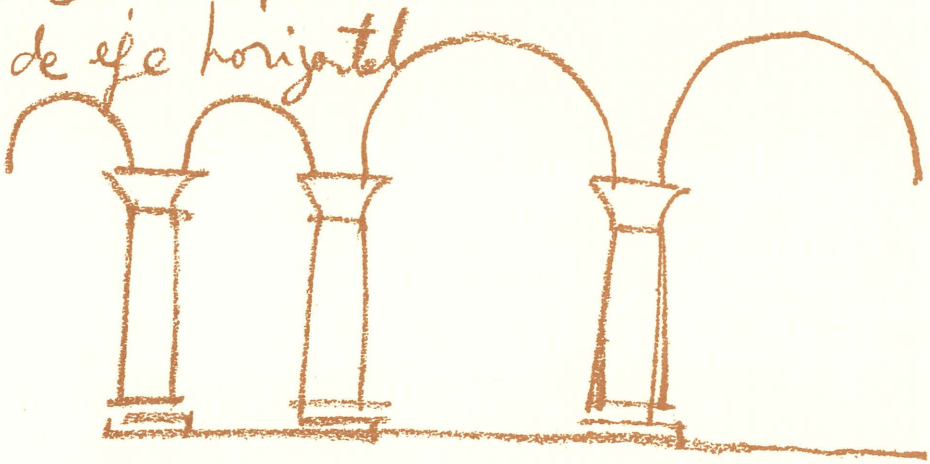


GIROLA: En iglesias románicas, la superficie de la bóveda es un toro; para dar ventanas se divide en tramos

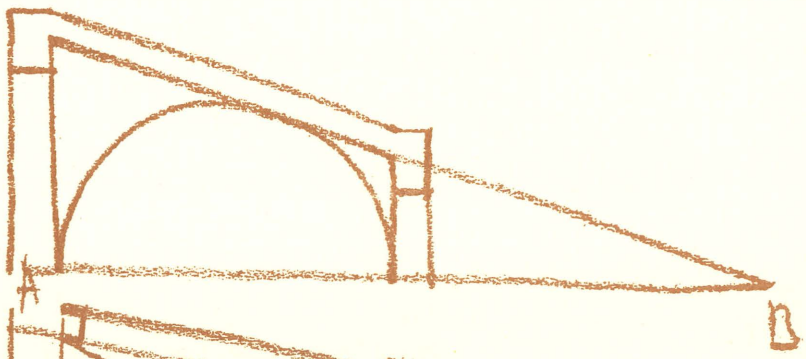
I

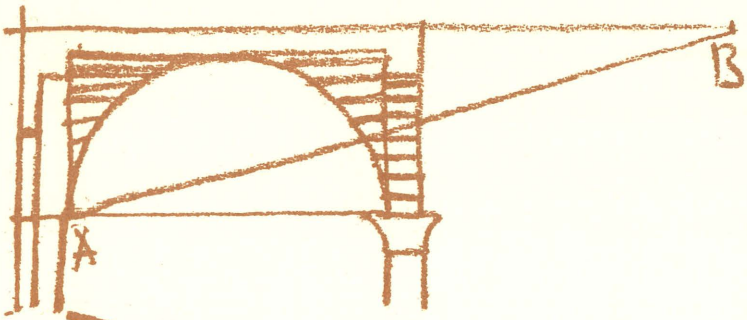


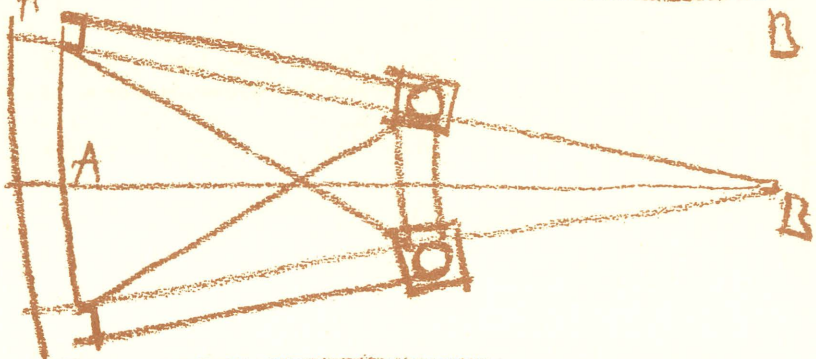
Cono de eje horizontal

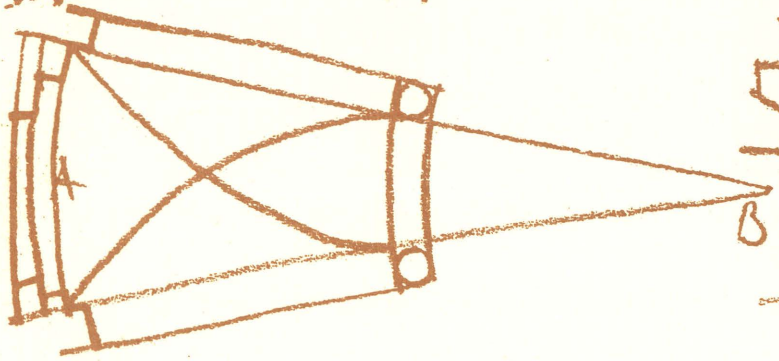


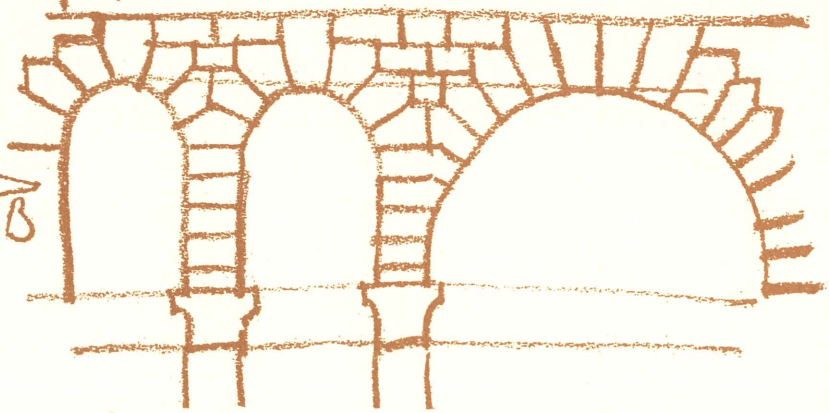
II Cono de eje inclinado











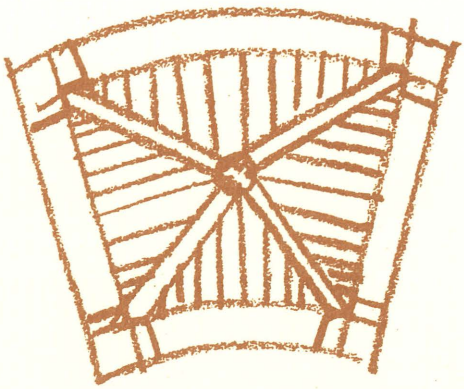
(fol. 36)

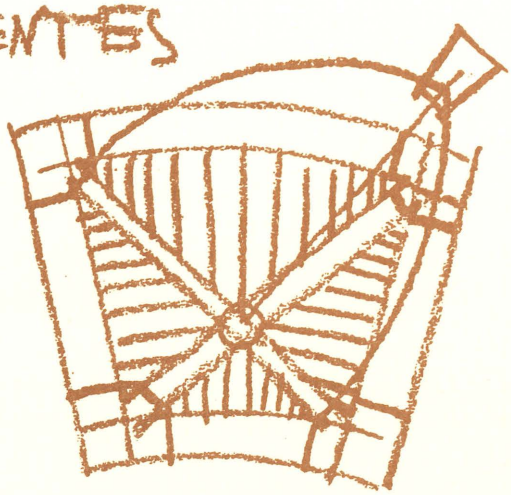
III ARCOS INDEPENDIENTES: *(fig. 36.1).*

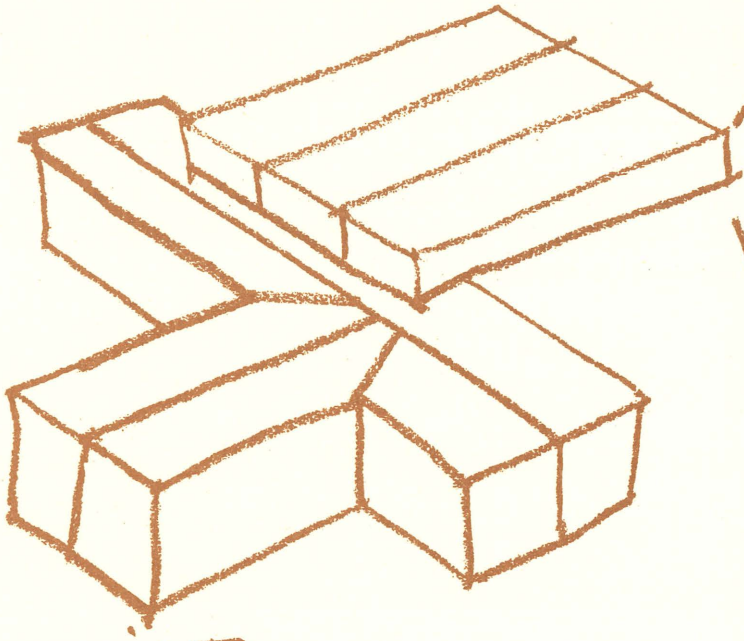
EGIPTO
SANTA SOFÍA
BÓVEDA EN UN BALNEARIO DE LOS ESTADOS UNIDOS

36.1. Trazados, en planta, de tramos de girola con arcos independientes.
36.2. Detalle axonométrico de sistema adintelado.
36.3. Alzado de Santa Sofía de Constantinopla.
36.4. Planta y vista perspectiva de una bóveda vaída decorada.

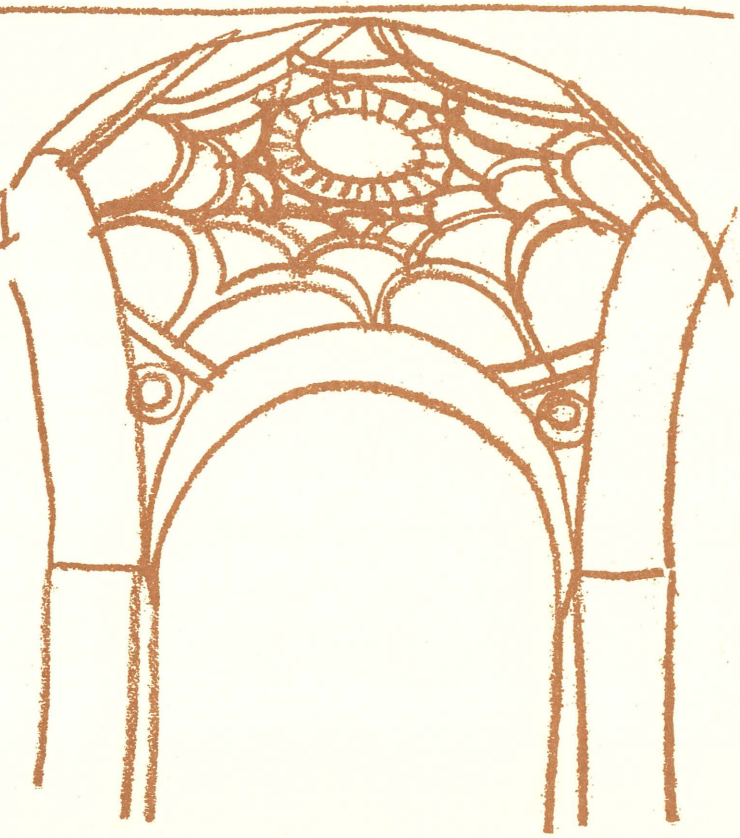
III ARCOS INDEPENDIENTES

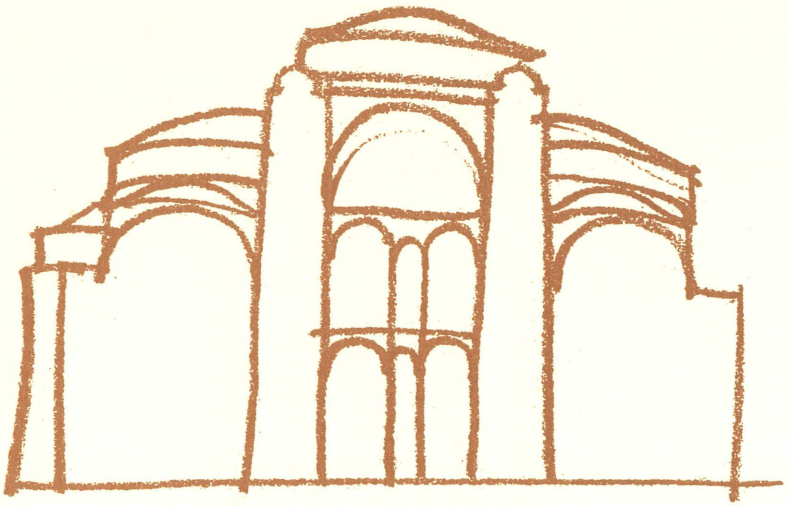




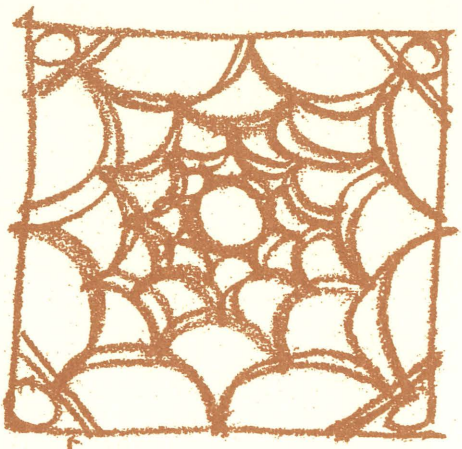


EGIPTO





SANTA SOFÍA



BÓVEDA EN UN BALNEARIO DE LOS ESTADOS UNIDOS

(fol. 37)

EN ARQUITECTURA FRANCESA: Cada rama del arco es de un solo centro, tangente a la vertical en el arranque. Diagonales poco apuntados.

DIAGONAL

Los arcos no son lanceolados sino peraltados, si han de alcanzar gran altura.

Los arcos se forman de sillares muy cortos. Clave común a los arcos concurrentes, de mucho peso.

La buena época ocupa los siglos XII, desde 1180, y XIII.

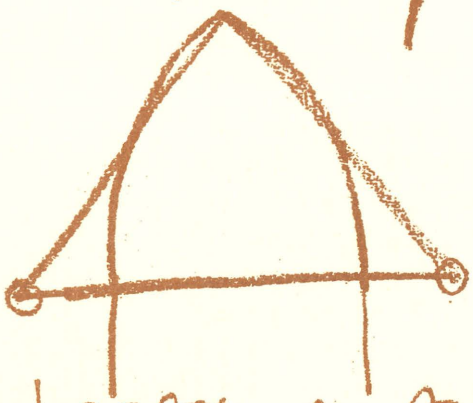
Se usa el tiers-point.

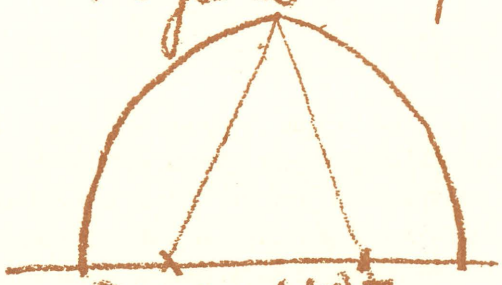
ARCO CONOPIAL

ARQUITECTURA INGLESA: De influencia aquitana. El estilo bizantino pasa a Venecia, y de allí a Perigueux (Saint Front). Construyen bóvedas vaídas. Llega la influencia del Dominio Real y Borgoña y colocan arcos diagonales bajo la bóveda. *(...)*

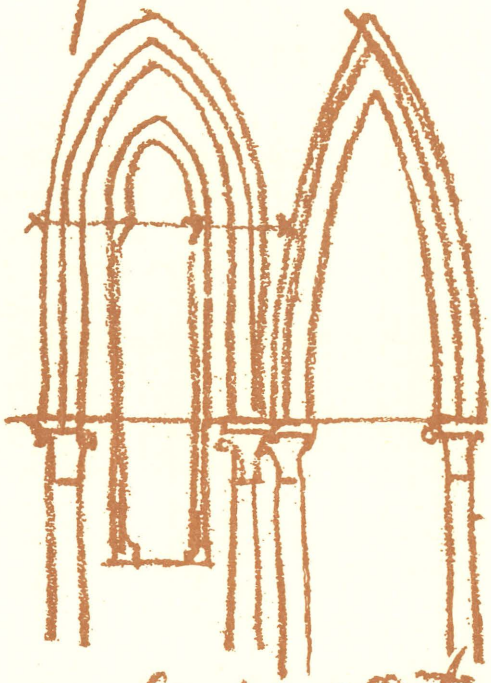
37.1. Trazado de arco apuntado de radio superior a la luz.
37.2. Idem de radio inferior a la luz.
37.3. Comparación, a igualdad de flecha, entre un arco apuntado peraltado y un arco lanceolado.
37.4. Planta y alzado de la clave correspondiente al encuentro de dos arcos.
37.5. Alzado de un arco conopial.

EN ARQUITECTURA FRANCESA: Cada rama del arco es de un solo centro, tangente a la vertical en el arranque. Diagonales poco apuntados





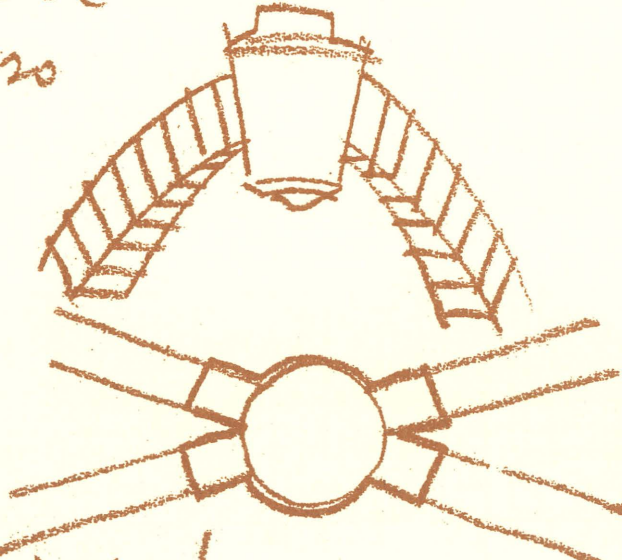
DIAGONAL

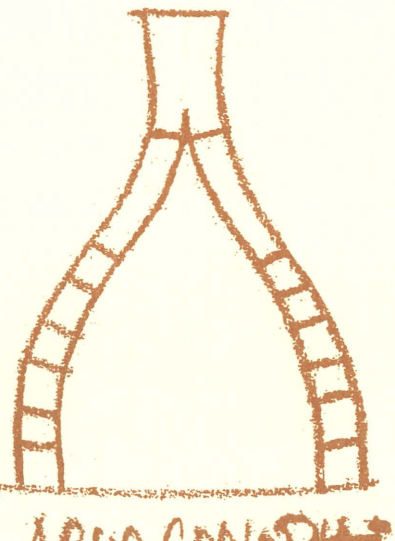


Los arcos no son lanceolados sino peraltados, si han de alcanzar gran altura

Los arcos se forman de sillares muy cortos. Clave común a los arcos concurrentes de mucho peso

La buena época ocupa los siglos XII, desde 1180, y XIII





ARCO CONOPIAL

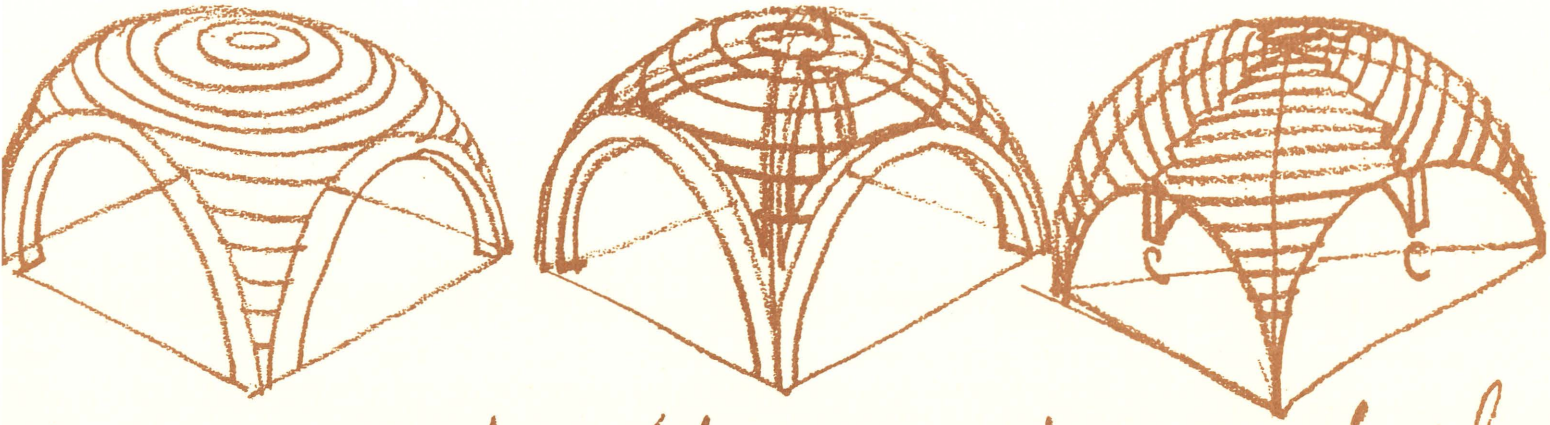
Se usa el tiers-point

ARQUITECTURA INGLESA: De influencia aquitana. El estilo bizantino pasa a Venecia, y de allí a Perigueux (Saint Front). Contiene bóvedas raídas. Llega la influencia del Dominio Real y Borgoña y colocan arcos diagonales bajo la bóveda

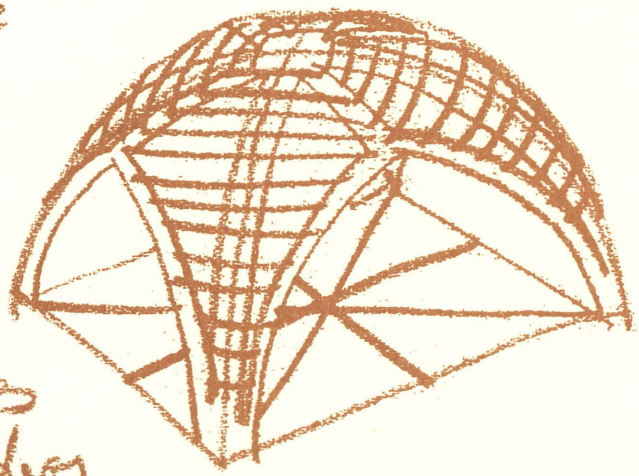
(fol. 38)

(...) Luego aprovechan éstos para hacer que los planos de junta de la plementería sean normales a ellos: se producen espinas de pez, que exigen cerchas C, que más tarde se sustituyen por un arco, que produce peso en la clave del fajón, y se apunta éste. (En Aquitania y Anjou, Nantes, La Rochele, Pau, Burdeos). Así pasa a Inglaterra, que entonces poseía Gascuña y Burdeos. Los arcos se dividen en partes iguales, que se unen con hiladas casi rectas que así resultan de anchura constante. Hay 4 aristas salientes en los diagonales y 4 entrantes en las ligaduras. Los sillarejos son largos y rectos, imitando la construcción *(...)*

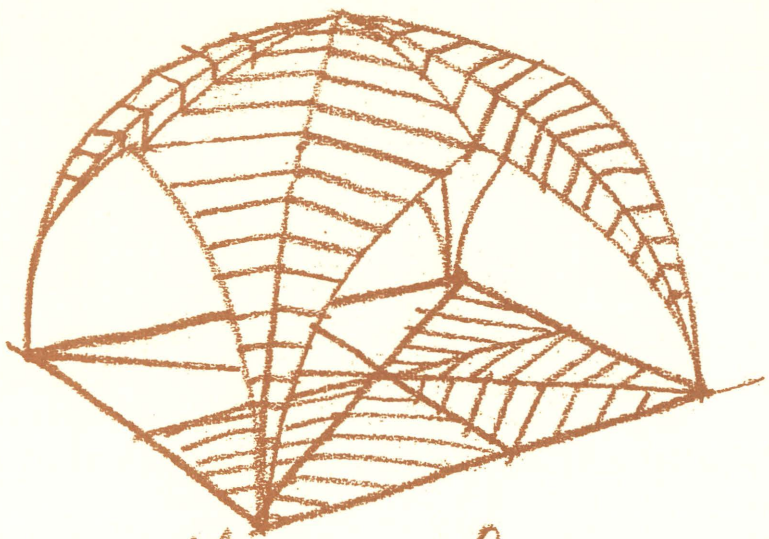
38.1 Axonometría de bóveda vaída.
38.2. Axonometría de bóveda vaída con arcos diagonales.
38.3. Axonometría de bóveda vaída con arcos diagonales e indicación de plementería y cerchas.
38.4. Axonometría de bóveda vaída *con arcos apuntados y nervios de igual proyección horizontal que en la de crucería.*
38.5. Axonometría de bóveda de crucería*, con proyección de los distintos arcos y plementería.*



Luego aprovechan éstos, para hacer que los planos de junta de la planimetría, sean normales a ellos; se producen espinas de pez, que exigen cerchas C, que más tarde se sustituyen por un arco, que produce peso en la clave del fajón, y se apunta éste



En Aquitania y Anjou (Nantes, La Rochela, Pau, Burdeos) Así pasa a Inglaterra que entonces poseía Gascuña y Burdeos.



Los arcos se divide en partes iguales, que se unen con hilados casi rectos que así resultan de anchura constante. Hay 4 aristas salientes en las diagonales y 4 entrantes en las ligaduras

Los sillares son largos y rectos imitando la construcción

(fol. 39)

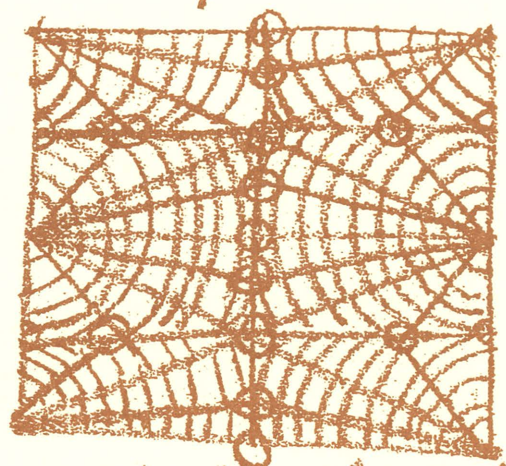
(...) de barcos. Las claves de los diagonales se hacían más altas que las de los formeros, pero luego se hacen a igual altura. Las ligaduras se apean en su centro con terceletes.

Nacen de cada pilar 9 arcos de distinto radio formando ángulos desiguales. Se hace cada rama del arco con 2 centros 1 y 2. AO´es el diagonal. Si AM es la proyección del formero: I) Se toma como formero el trozo AN. Entonces las claves están a desigual altura $\overline{MN} < \overline{OO'}$. II) Para que estén a igual altura $\overline{OO'} = \overline{MM'}$, se toma el trozo AM´, obtenido haciendo girar AO´alrededor de 1, el ángulo (α). En estos arcos $\overline{OO'} < \overline{AO}$.

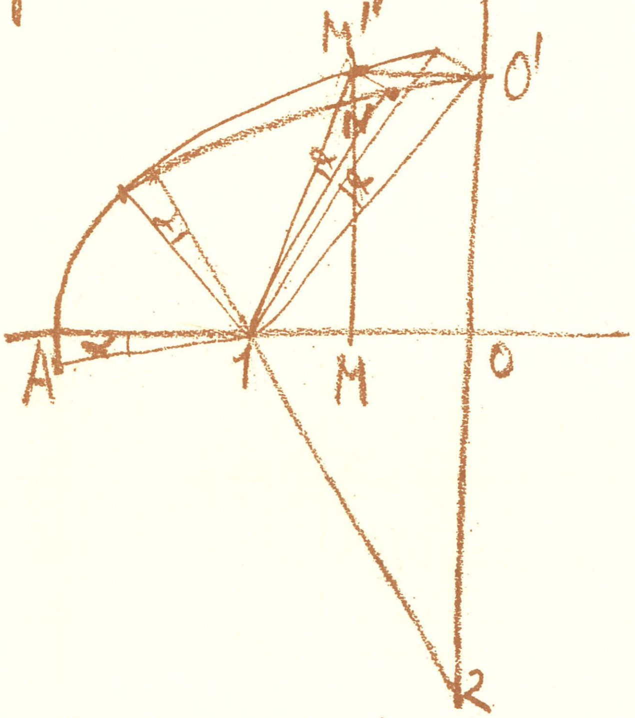
Para que los arcos que parten de un pilar formen ángulos iguales en planta, se aumenta su nú- *(...)*

39.1. Axonometría de bóveda de terceletes, con proyección de las distintas nervaduras.
39.2. Planta de bóveda de ligaduras, con proyección de los distintos nervios y de la plementería.
39.3. Trazado de arco de dos centros en una bóveda de ligaduras.

de barcos. Las claves de los diagonales se hacían más altas que las de los formeros, pero luego se hacen a igual altura. Las ligaduras se apean en 2 centros con terceletes



Nacen de cada pilar 9 arcos de distinto radio formando ángulos desiguales. Se hace cada rama del arco con 2 centros 1 y



AO es el diagonal. Si AM es la proyección del formero

I) Si tomo como formero el trazo AN. Entonces las claves están a desigual altura $\overline{MN} < \overline{OO'}$

II) Para que estén a igual altura $\overline{OO'} = \overline{MM'}$ se toma el trazo AM', obtenido haciendo girar AO' alrededor de 1, el ángulo (α).

En estos casos, $\overline{OO'} < \overline{AO}$

Para que los arcos que parten de un pilar formen ángulos iguales en planta, se aumenta su núme-

(fol. 40)

(...) mero, y se toma por diagonal uno que no sea el central. Estas bóvedas se llaman de palmera, de abanico o de pabellón de trompeta.

BÓVEDA DE CONTRALIGADURAS

CLAVE

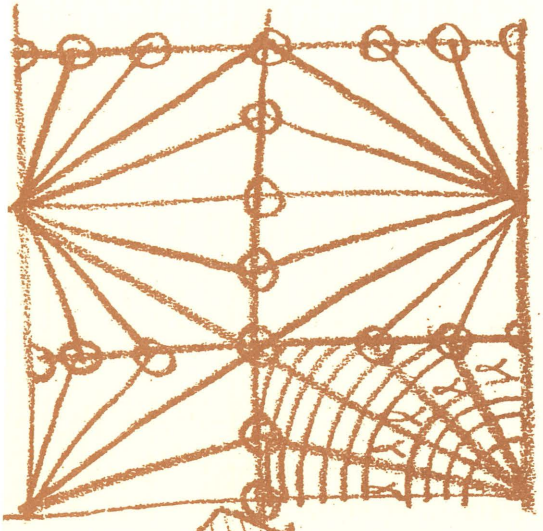
ARRANQUE DE DOS ARCOS

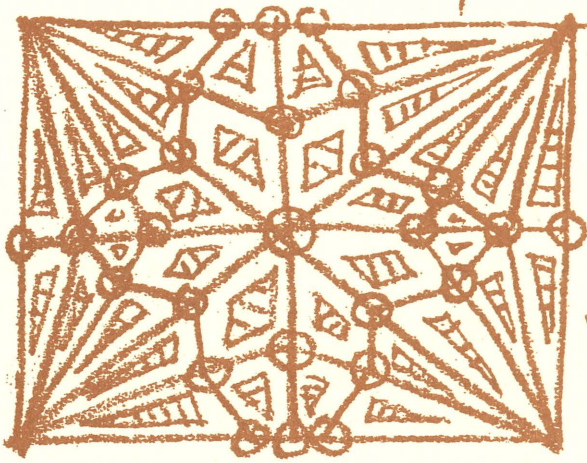
Se suprime la plementería.

40.1. Esquema, en planta, de bóveda de abanico con nervios que forman ángulos iguales en proyección horizontal.
40.2. Planta de bóveda de contraligaduras.
40.3. Detalle de una clave de bóveda de ligaduras, en la que se suprime la plementería.
40.4. Detalle del arranque de dos arcos en una bóveda de ligaduras, en la que se suprime la plementería.
40.5. Detalle del despiezo de una bóveda de contraligaduras, en la que se suprime la plementería.
40.6. Esquema, en axonometría, de una bóveda de abanico.
40.7. Detalle, en planta, de bóveda de abanico.

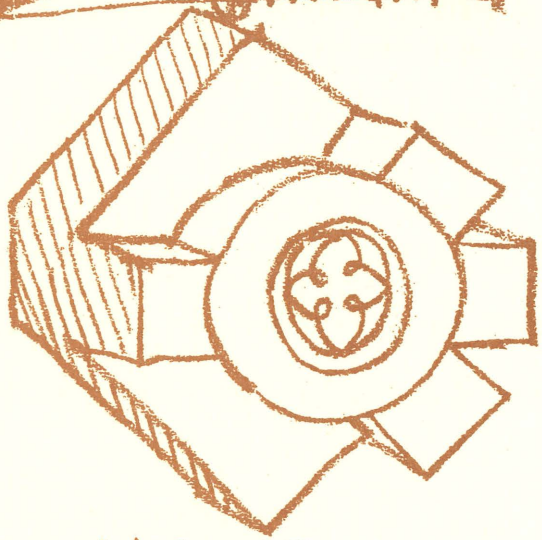
mero, y se toma
l central. Estas

por diagonal unas que no sea
bóveda se llama de palmera, de
abanico ó de pabellón de trompeta

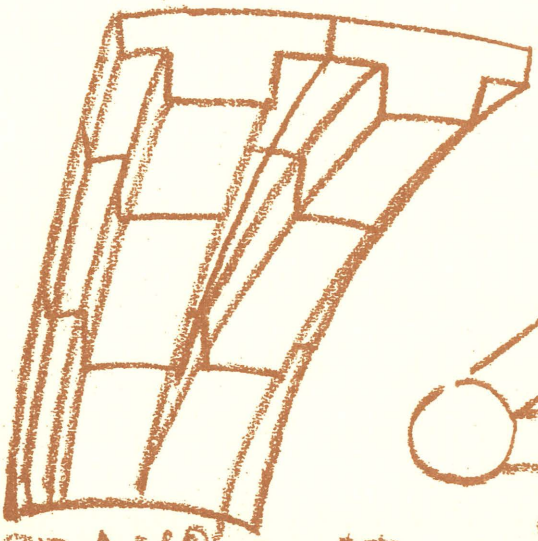




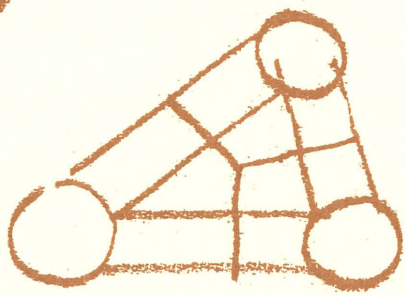
BÓVEDA DE CONTRALIL-GADURAS



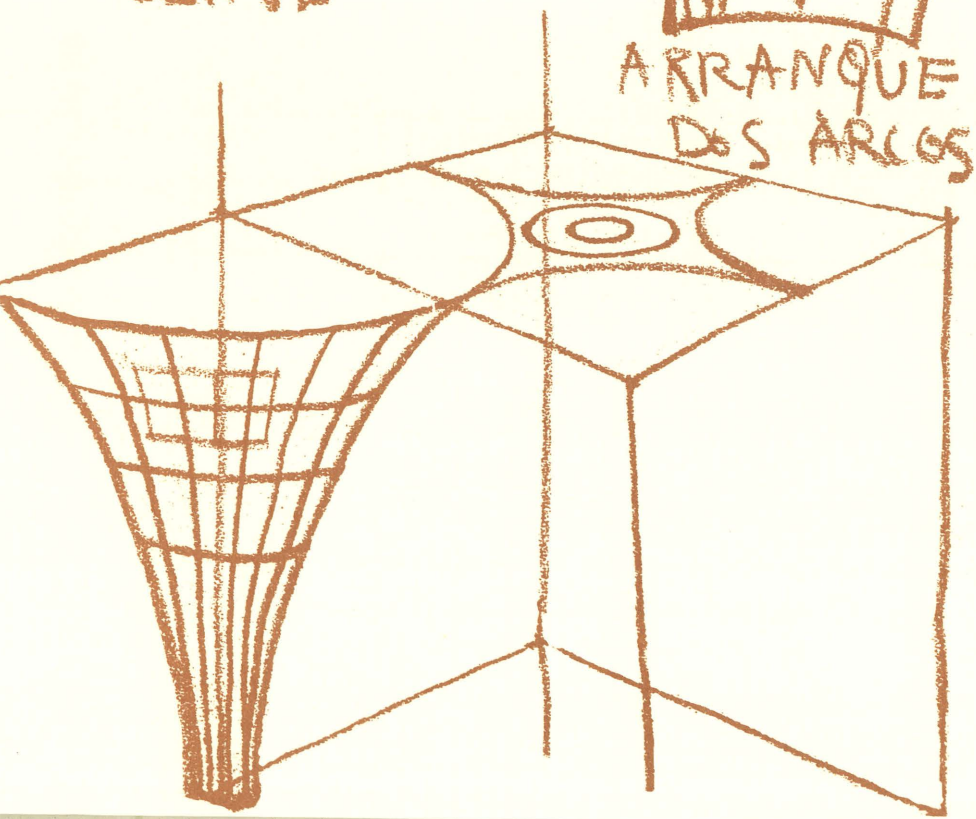
CLAVE



ARRANQUE DE DOS ARCOS



Se supone la plementería



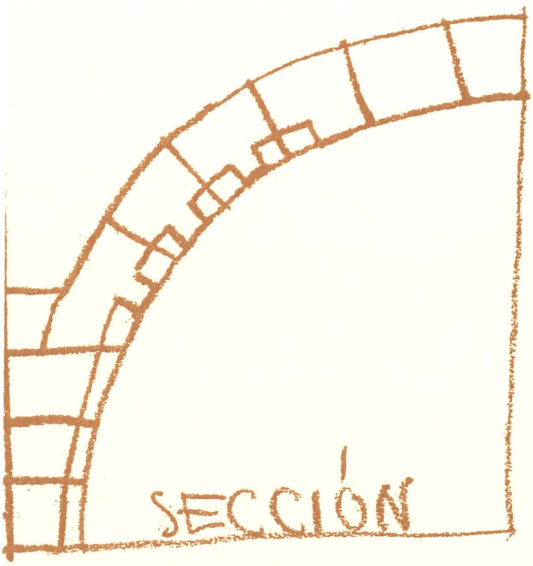
(fol. 41)

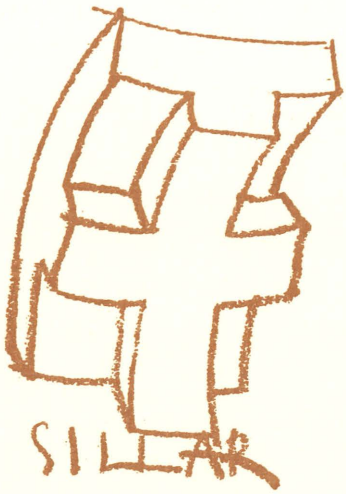
SECCIÓN
SILLAR
CLAVE
BÓVEDA CON EL NÚCLEO DE LA PALMERA SEPARADO DEL APOYO
BÓVEDA EN UNA GALERÍA DEL PARLAMENTO DE LONDRES

ARQUITECTURA ALEMANA: Valles del Rhin y Danubio. Bóvedas vaídas, con aparejo normal al arco diagonal. Se modifica con arreglo a una lógica geométrica, no constructiva. Por su espíritu analítico estudian las soluciones anteriores y tratan de mejorarlas, aun complicándolas.

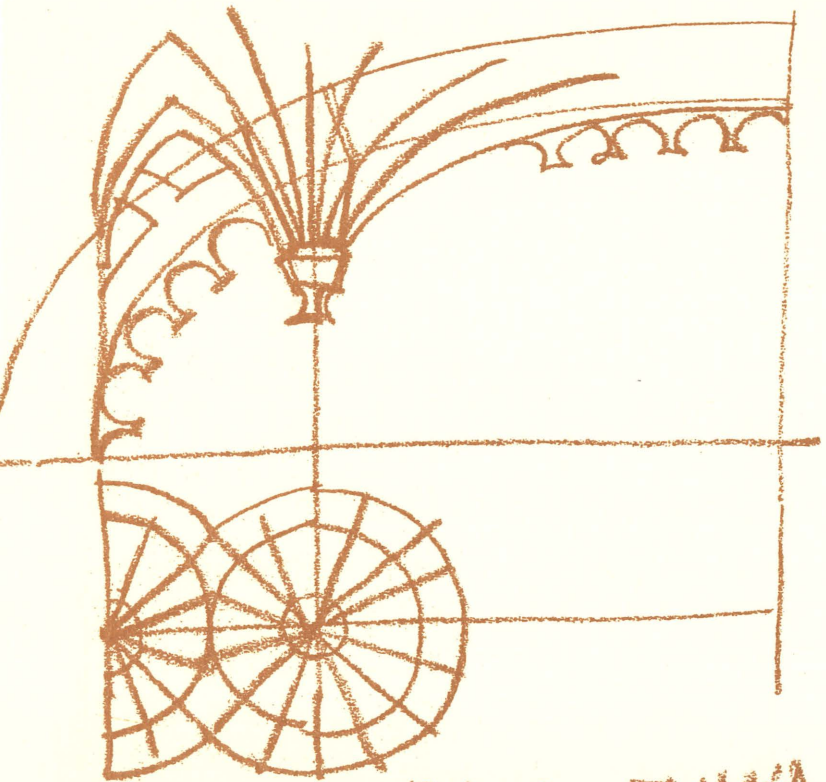
Aplican la bóveda de terceletes y ligaduras (muy combadas) a planta rectangular.

41.1. Sección transversal de bóveda de contraligaduras, indicando cómo los nervios se tallan en los sillares suprimiéndose la plementería.
41.2. Detalle, en axonometría, de un sillar correspondiente a la sección anterior.
41.3. Detalle de la clave de la bóveda.
41.4. Planta y sección de bóveda de abanico con un núcleo sin apoyo.
41.5. Proyección horizontal de una bóveda de abanico sobre planta cuadrada.
41.6. Esquema de bóveda de ligaduras sobre planta rectangular.

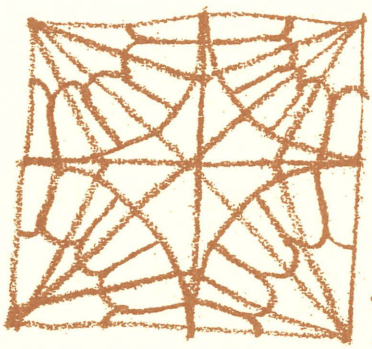




CLAVE



BÓVEDA CON EL NÚCLEO DE LA PALMERA SEPARADO DEL APOYO

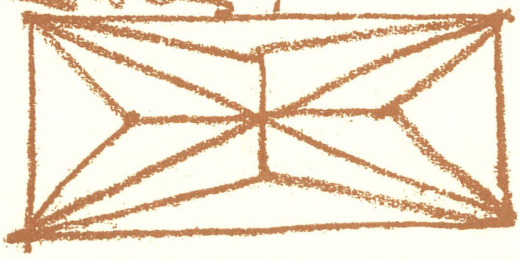


BÓVEDA EN UNA GALERÍA DEL PARLAMENTO DE LONDRES

ARQUITECTURA ALEMANA: Valles del Rhin y Danubio

Bóvedas vaídas, con apoyo normal al arco diagonal. Se modifican con arreglo a una lógica geométrica, no constructiva. Por su espíritu analítico, estudian las soluciones anteriores, y tratan de mejorarlas, aún complicándolas.

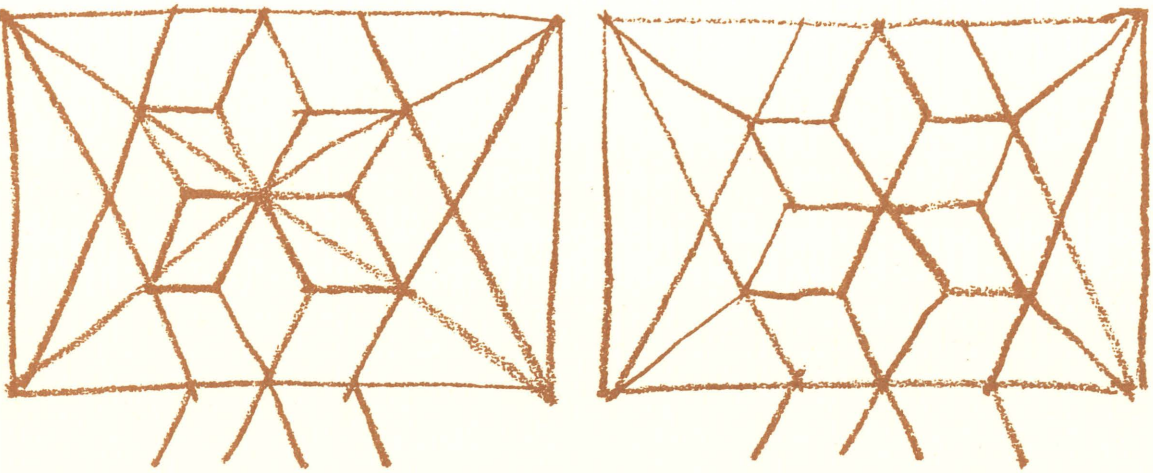
Aplican la bóveda de terceletes y ligaduras (muy combadas) a planta rectangular

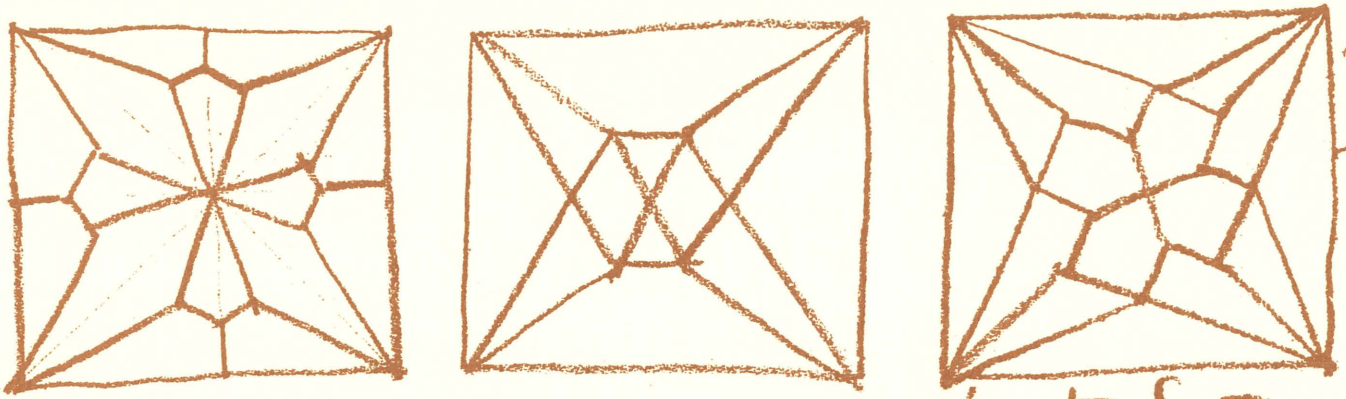


(fol. 42)

BÓVEDAS PEQUEÑAS
Nuestra Señora de Munich

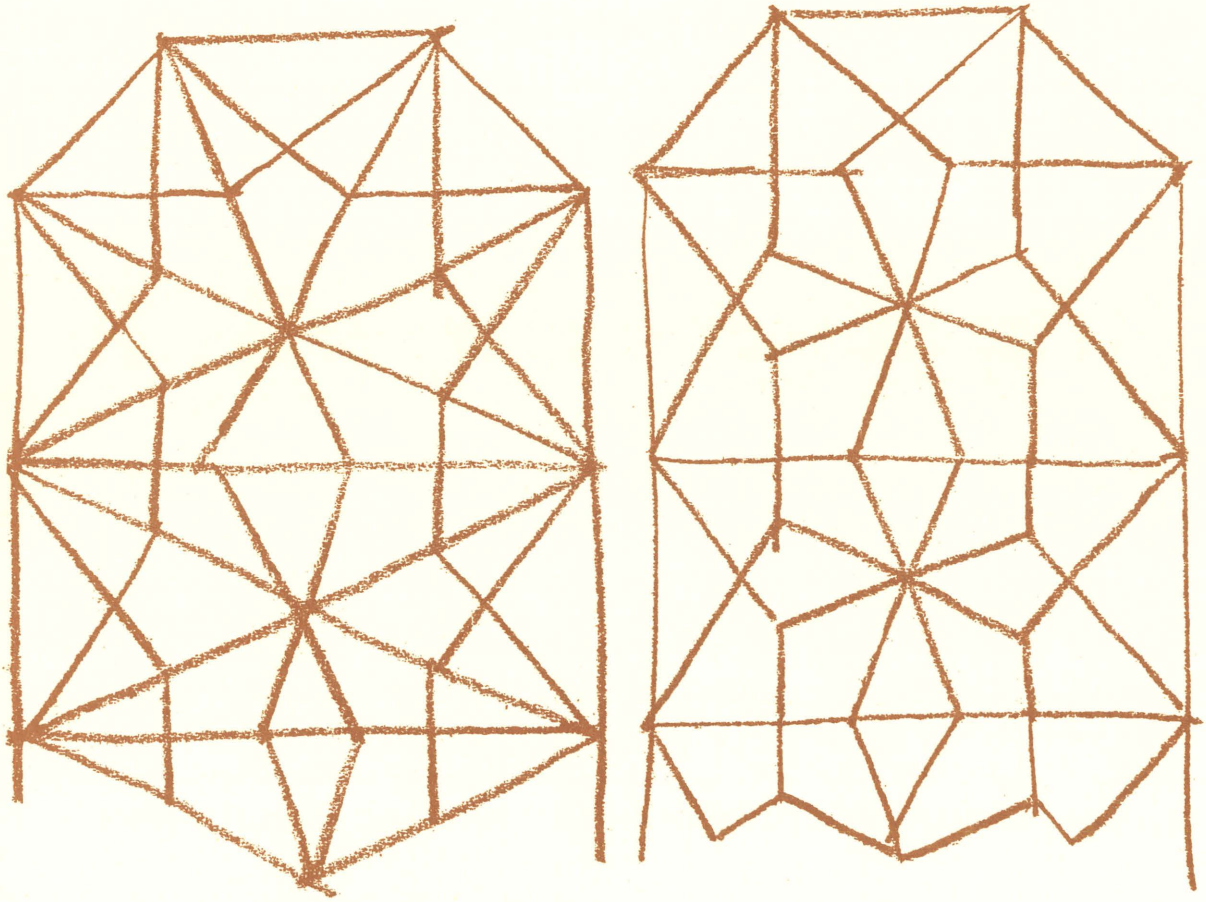
42.1. Esquemas de distintas bóvedas de ligaduras sobre planta rectangular.
42.2. Desarrollo de bóvedas de ligadura sobre planta rectangular.





BÓVEDAS PEQUEÑAS

Nuestra Señora de Munich



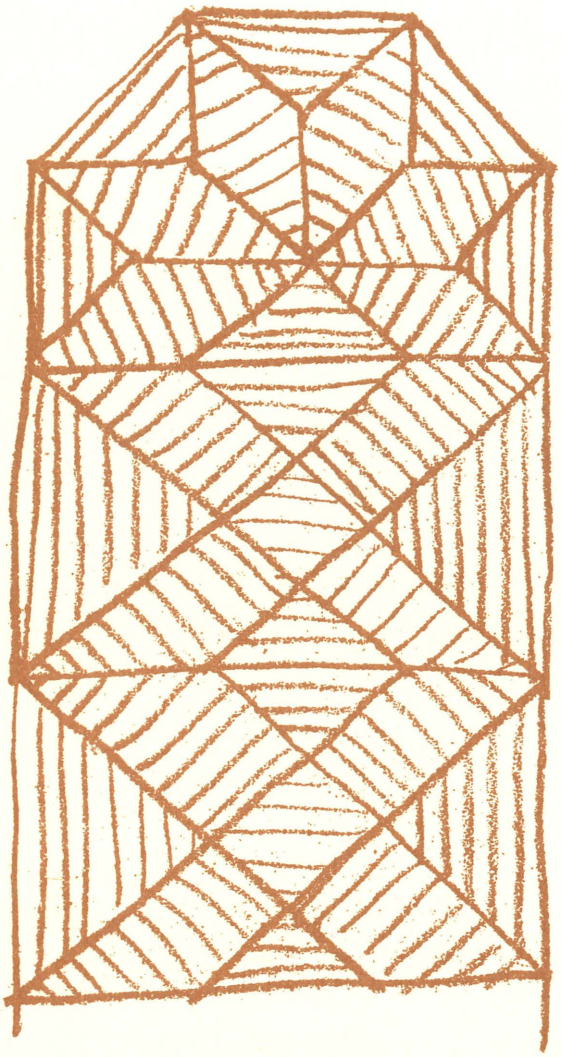
(fol. 43)

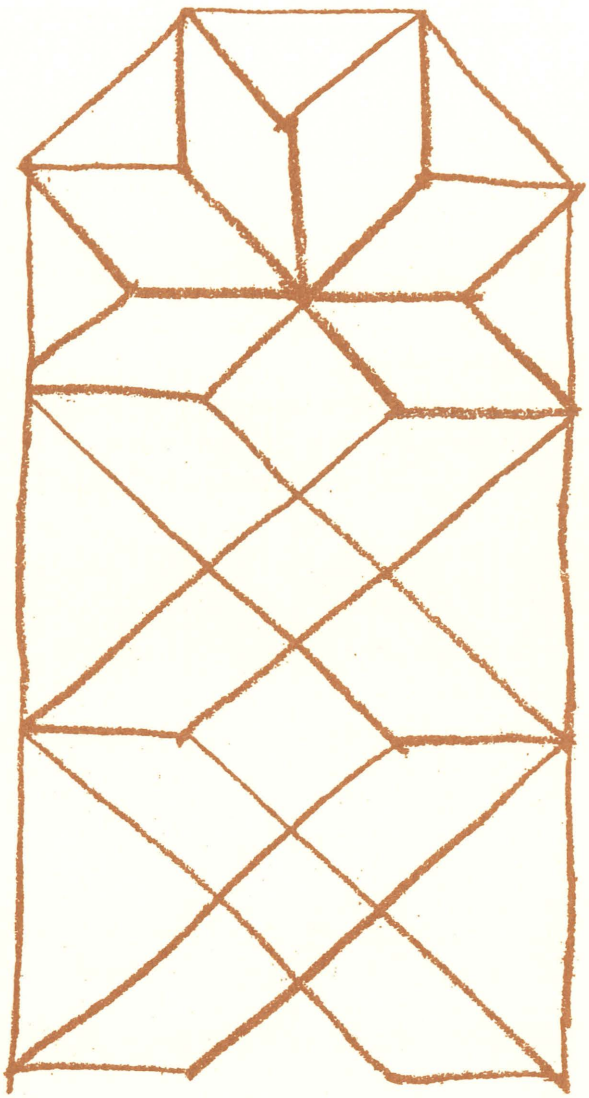
BÓVEDA RETICULADA

San Esteban de Viena y en Iglesias de Baviera y en Bremen.

Los arcos son de medio punto. La bóveda es de cilindro de sección elíptica. Se llena cada *(...)*

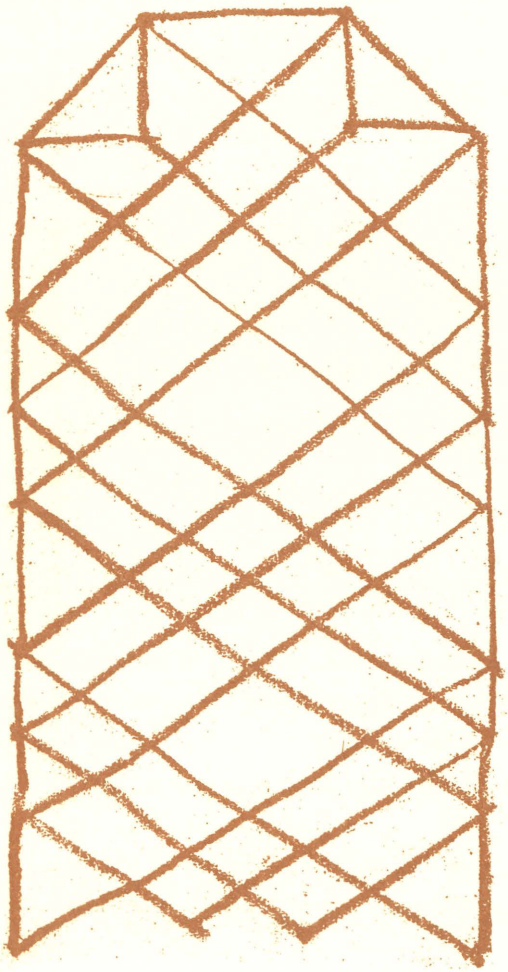
43.1. Cuatro desarrollos de bóvedas de ligadura sobre planta rectangular.
43.2. Génesis geométrica del casquete esférico, por bóveda vaída, para cubrición de cada uno de los tramos de la bóveda.

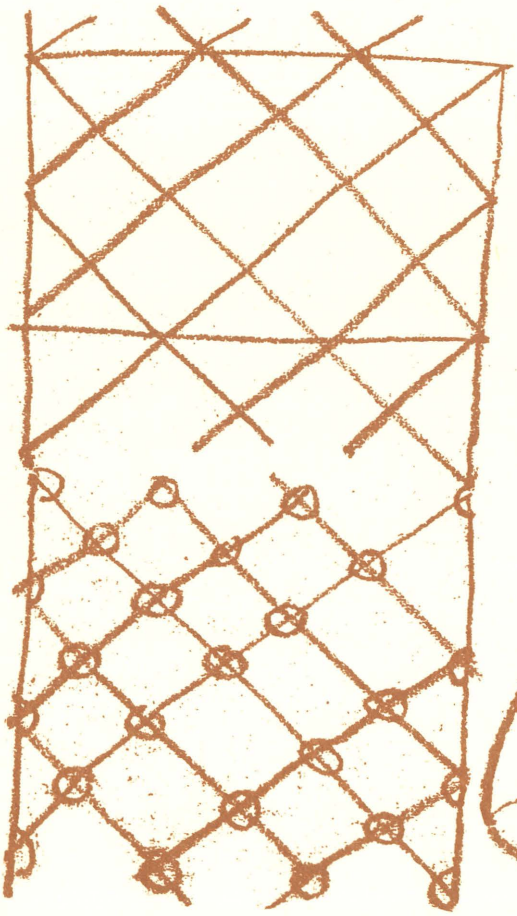




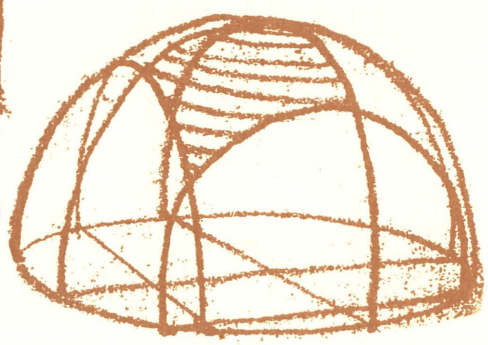
BÓVEDA RETICULADA

S. Esteban de Viana y Iglesias de Baviera y Breme





Los arcos son de medio punto la bóveda es cilíndrica de sección elíptica se llama cada



(fol. 44)

(...) cuadro con un casquete esférico.

AA´BB´ es un arco de circunferencia tangente a la bóveda en AA´. BCD es un plano vertical. BCB´C´ es la recta vertical. AE y ED son trozos del arco tipo. El plano BCD se hace calado para aumentar el ancho de los ventanales. Se verían los ángulos que forman los arcos.

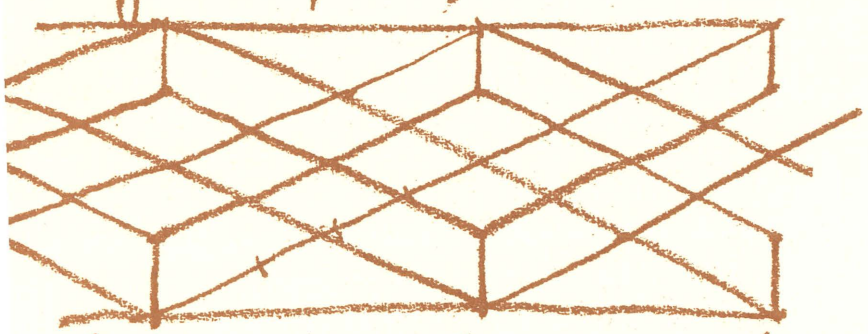
(Friburgo en Brisgovia)

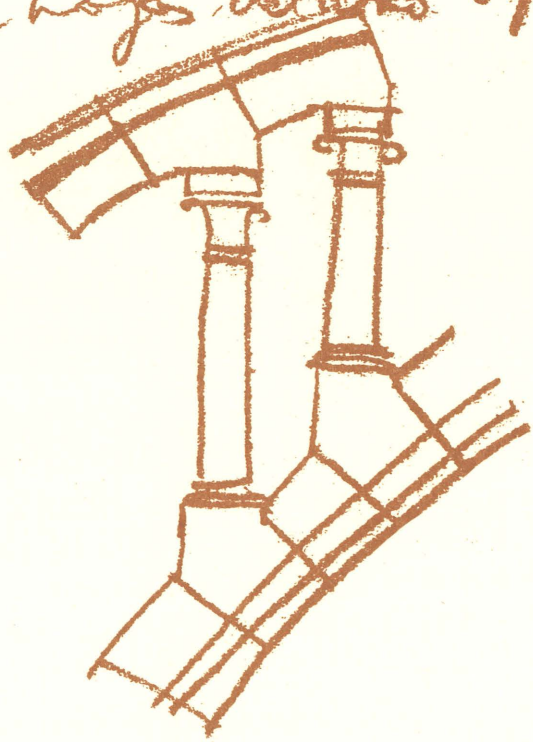
44.1. Planta y sección de bóveda reticulada, con indicación de los distintos arcos y casquetes esféricos.
44.2. Planta de bóveda reticulada.
44.3. Detalle, en alzado, del paramento calado correspondiente a la sección de 44.1.

cuadro con un casquete esférico

AA'BB' es un arco de circunferencia tangente a la bóveda en AA'. BCD es un plano vertical. BCB'C' es una recta vertical. $\overline{AE}$ y $\overline{ED}$ son trozos del arco tipo

El plano BCD se hace calado para aumentar el ancho de los ventanales, se varían los ángulos que forman los arcos





(Frilunga en Brisgovia)

(fol. 45)

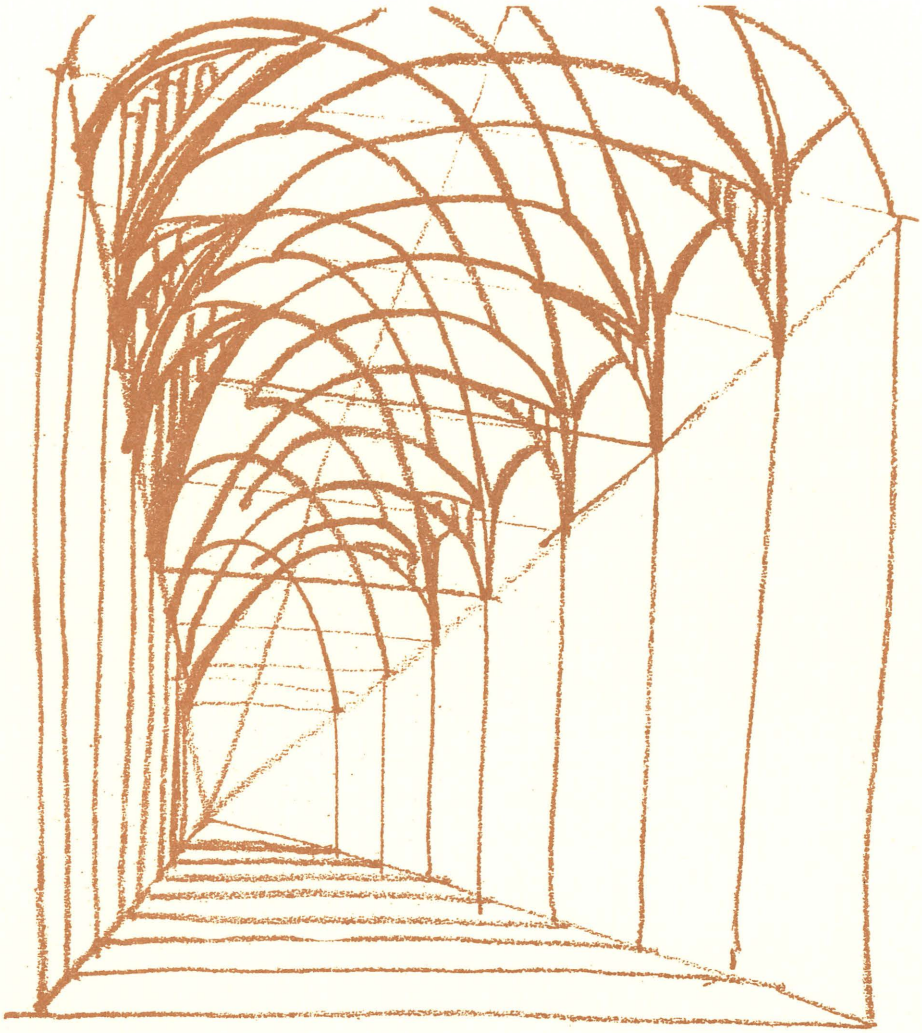
BÓVEDA ALEMANA DE PALOMILLAS

Con las bóvedas reticuladas pueden no corresponderse los apoyos.

BÓVEDA DE UNA ESCALERA IMPERIAL

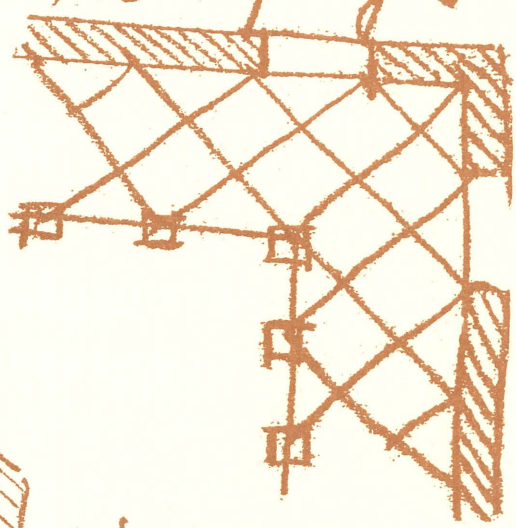
Se aumentan las palomillas, haciéndolas llegar hasta la clave, con lo que el arco superior es recto y la bóveda, plana.

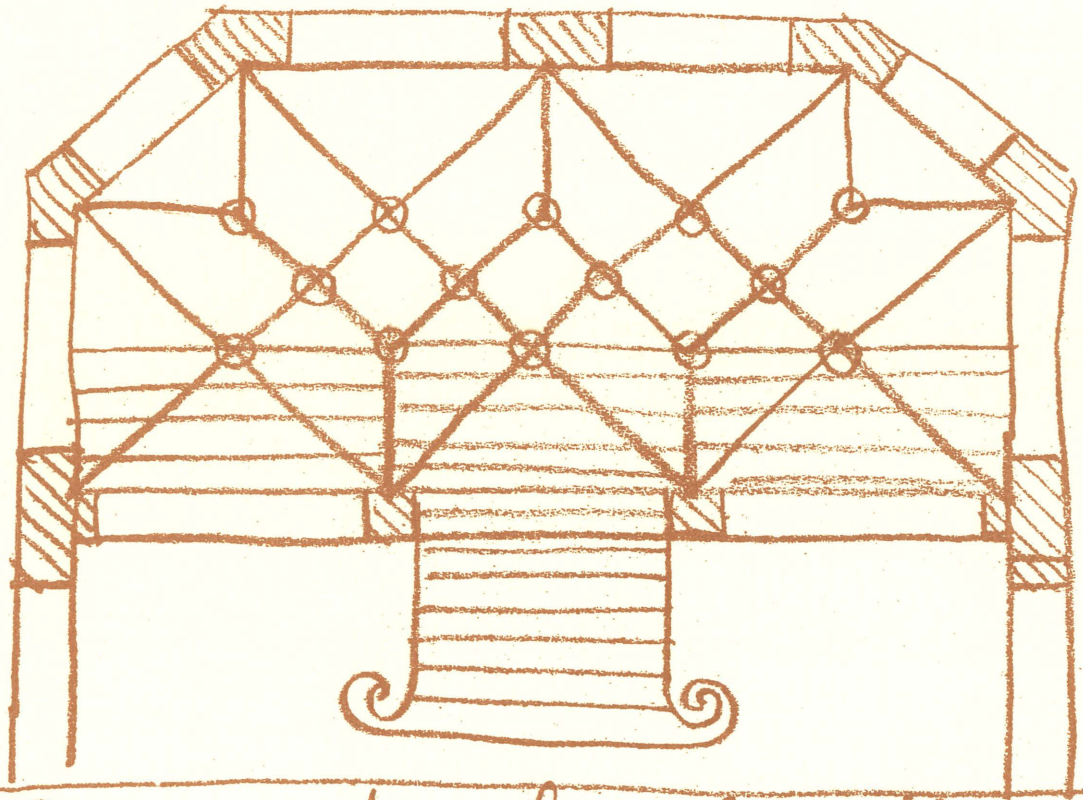
45.1. Perspectiva lineal de una bóveda de palomillas.
45.2. Detalle, en planta, de claustro con bóvedas reticuladas.
45.3. Trazado de bóveda reticulada sobre la planta de una escalera.



BÓVEDA ALEMANA DE PALOMILLAS

Con las bóvedas reticuladas pueden no corresponderse los apoyos





BÓVEDA DE UNA ESCALERA IMPERIAL

Se aumentan los palomillas, haciéndolas llegar hasta la clave, con lo que el arco superior es recto, y la bóveda plana

(fol. 46)

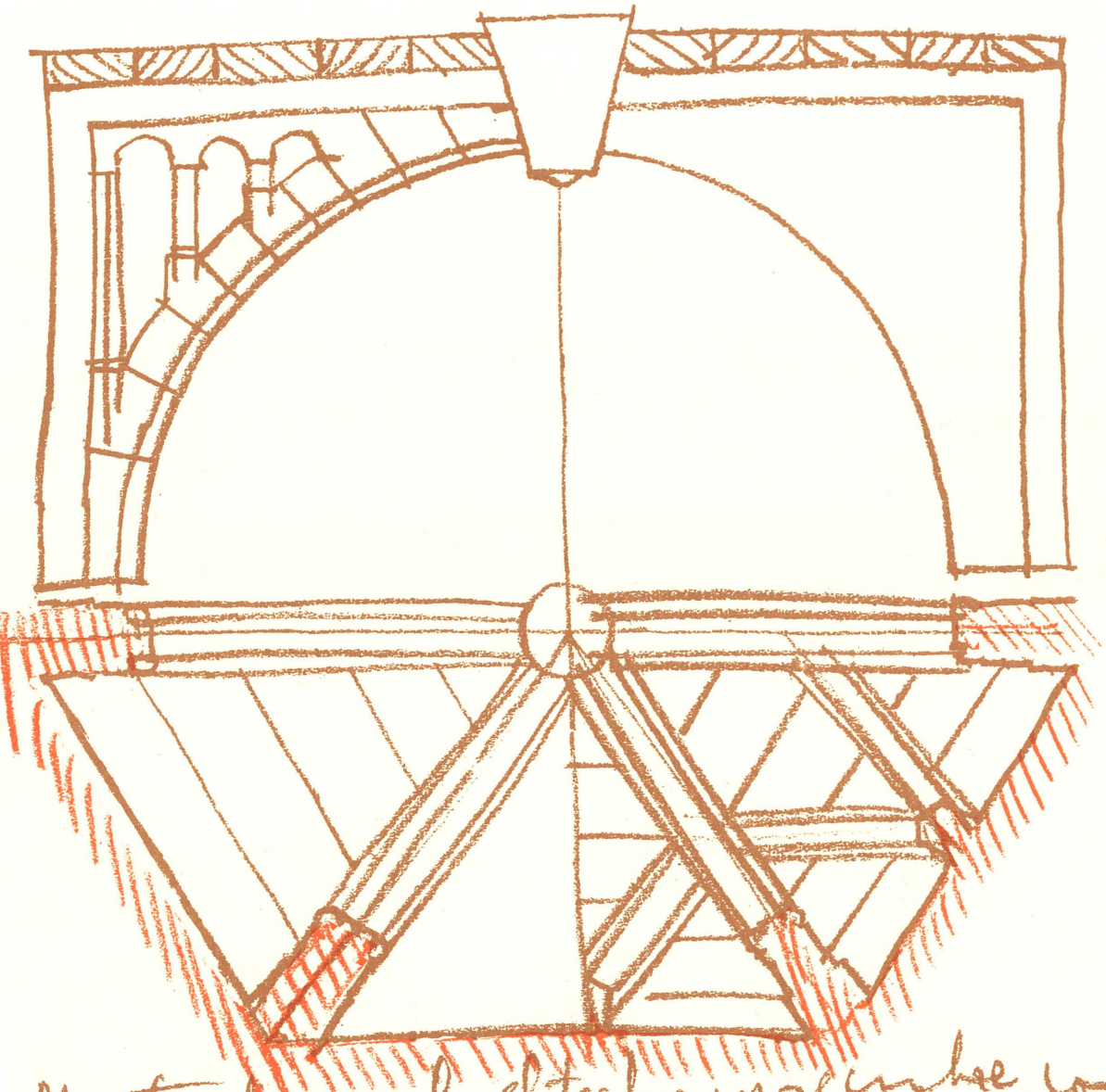
Más tarde se cala el techo, y se cubre con otra bóveda de arcos y plementería (Crucero y Capilla del Condestable de la Catedral de Burgos).

En Inglaterra transforman la bóveda de abanico, convirtiendo cada palmera en un haz de arcos, que sostienen una bóveda plana.

En la decadencia, usan arcos de doble curvatura.

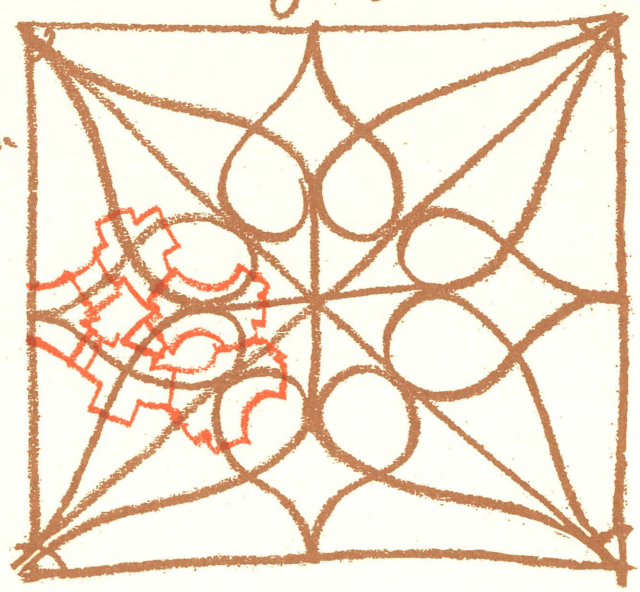
MONFORTE

46.1. Planta y sección de bóveda de trasdós plano, con palomillas hasta la clave.
46.2. Planta de bóveda de abanico con nervios alabeados y supresión de la plementería (con detalle de la estereotomía en lápiz rojo).



Mas tarde se cala el techo, y se cubre con otra bóveda de arcos y planimetría (Cuero y capilla del Condestable de la Catedral de Burgos)

En Inglaterra transforman la bóveda de abanico, convirtiendo cada palmera en un haz de arcos, que sostienen una bóveda plana. En la decadencia, usan arcos de doble curvatura



MONFORTE →

(fol. 47)

Sobre los diagonales carga el peso de los demás arcos. La plementería se hace como si sólo existieran los diagonales (Bóvedas Francesas).

CÚPULA SOBRE TAMBOR

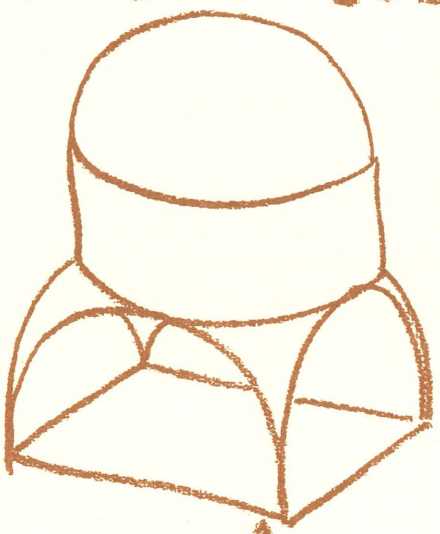
Al principio se hizo octogonal.

BAPTISTERIO DE SAN JUAN -FLORENCIA-. Octogonal, para reforzar los ángulos. De ladrillo, mampostería y sillería. Formado por 8 témpanos cilíndricos. Según los planos diametrales que pasan por las aristas. Hay muros, sobre *(...)*

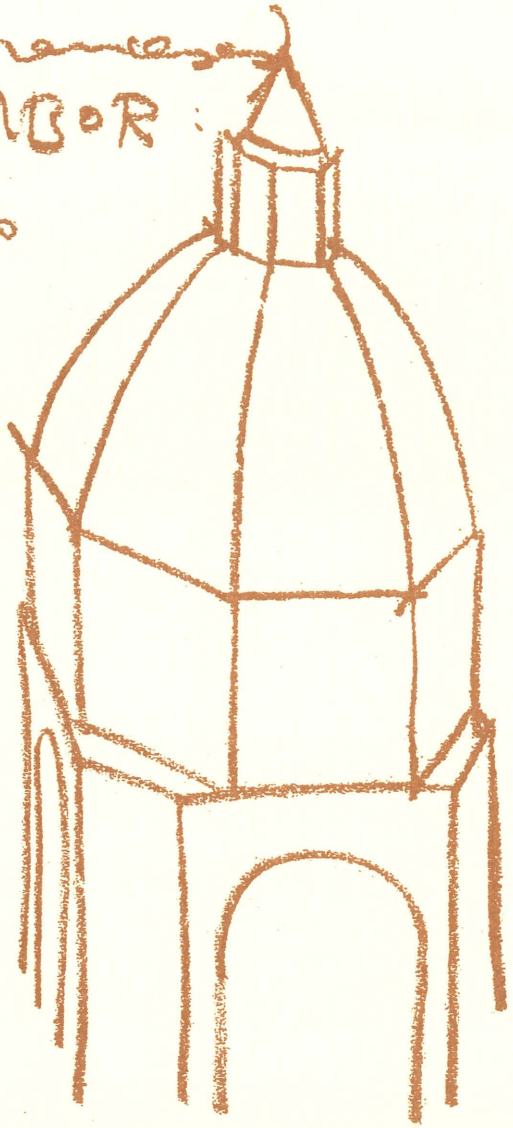
47.1. Esquema, en axonometría, de cúpula sobre tambor y pechinas.
47.2. Vista axonométrica de cúpula gallonada sobre tambor octogonal.
47.3. Axonometría seccionada de la cúpula del Baptisterio de Florencia.

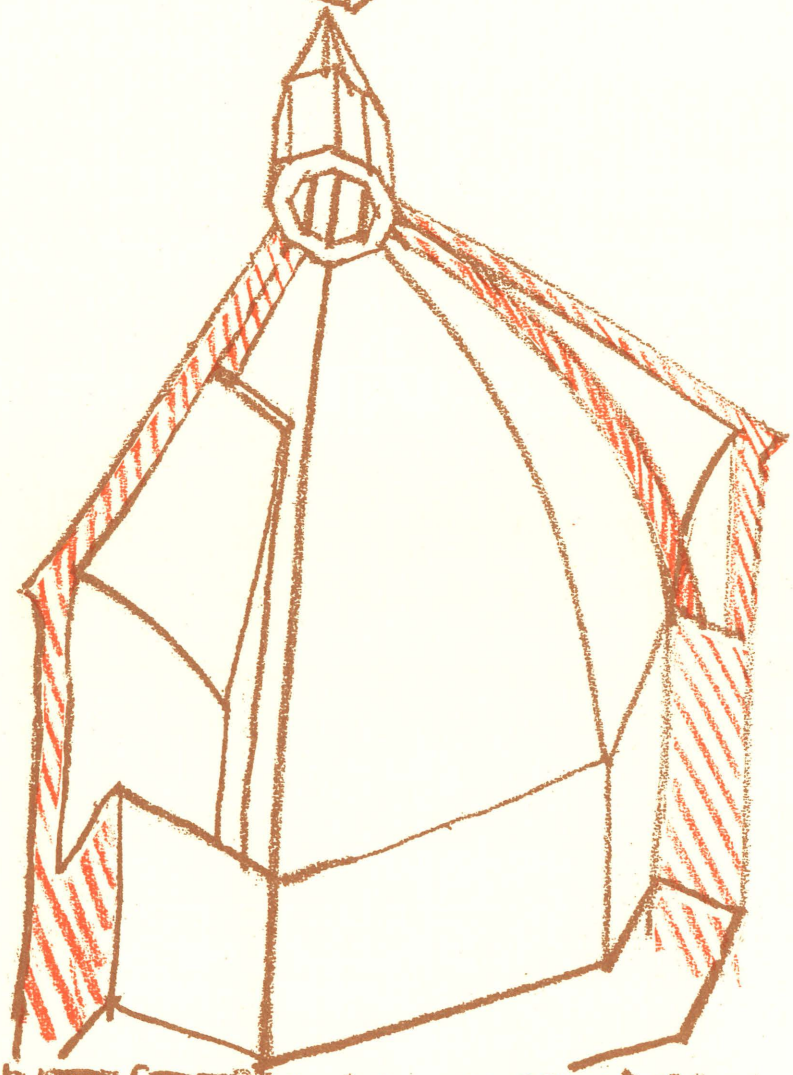
Sobre los diagonales carga el peso de los demás arcos. La planimetría se hace como si sólo existieran los diagonales (Bóvedas Francesas)

CÚPULA SOBRETAMBOR:



Al principio se hizo octogonal





BATISTERIO DE SAN JUAN
FLORENCIA

Octogonal, para reforzar los ángulos. De ladrillo, mampostería y sillería. Formado por 8 tímpanos cilíndricos. Según los planos diametrales que pasan por las aristas, hay muros, sobre

(fol. 48)

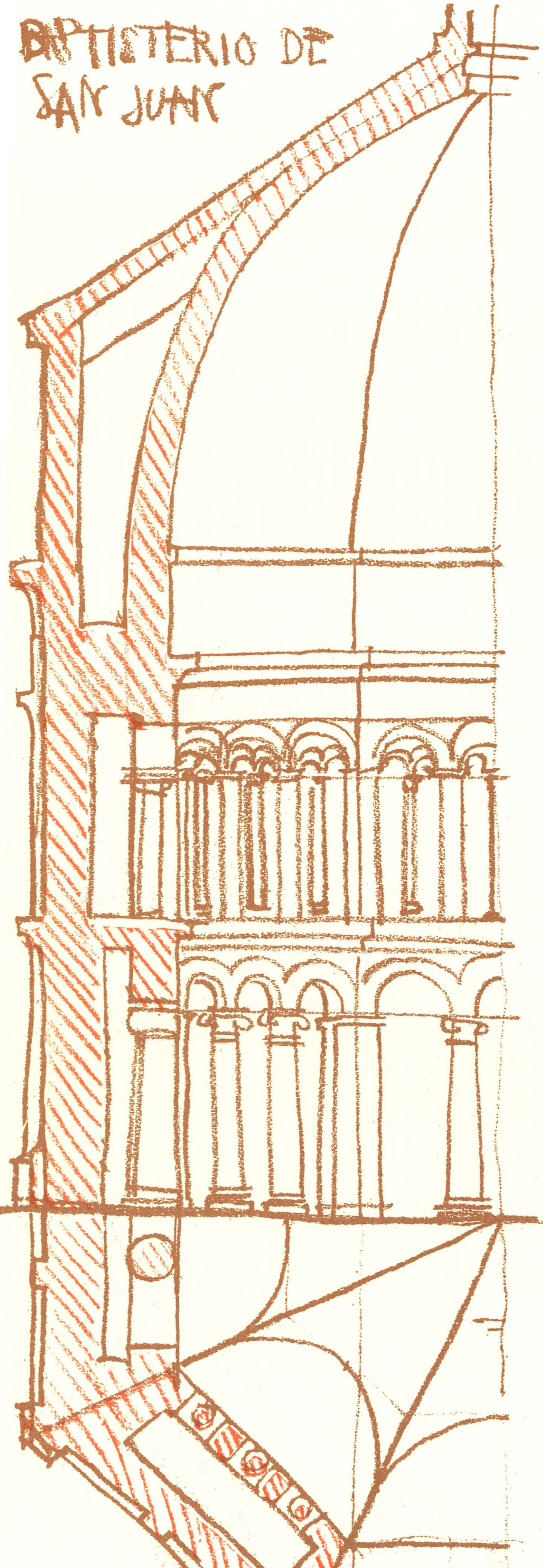
BAPTISTERIO DE SAN JUAN

(...) los que apoyan las bóvedas que sostienen la cubierta. La cornisa interior está a mitad de la altura.

SANTA MARÍA DE LAS FLORES (Florencia). Obra de Brunelleschi. Formada por 2 hojas concéntricas. La interior de espesor uniforme, casi estable. La bóveda exterior asegura el equilibrio apoyándose en la interior por medio de tabiques radiales y pisos horizontales. Para no cargar demasiado, su espesor es sólo el preciso para construirse de fábrica y hay unos arcos que llevan su carga a los ángulos. Está cinchada con un *(...)*

48.1. Sección general y detalle en planta del Baptisterio de Florencia.

BAPTISTERIO DE SAN JUAN



los que apoyan las bóvedas que sostienen la cubierta. La cornisa interior está a mitad de la altura.

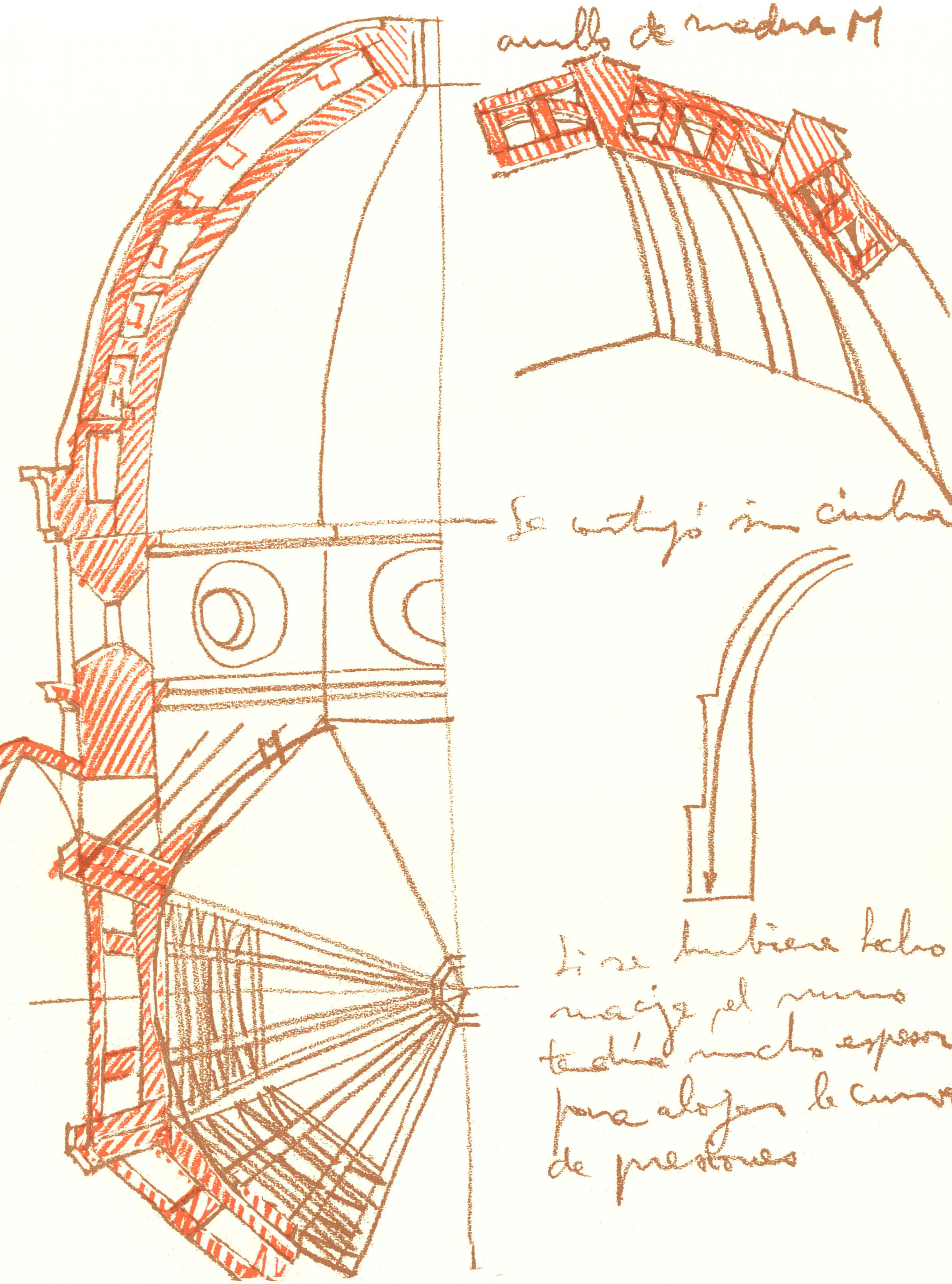
SANTA MARÍA DE LAS FLORES (Florencia)

Obra de Brunelleschi. Formada de 2 hojas concéntricas. La interior de espesor uniforme y casi estable. La bóveda exterior asegura el equilibrio apoyándose en la interior por medio de tabiques radiales y pisos horizontales. Para no cargar demasiado, su espesor es sólo el preciso para construirse de fábrica y hay unos arcos que llevan su carga a los ángulos. Está cinchada con

(fol. 49)

(...) anillo de madera M. Se construyó sin cimbra.
Si se hubiera hecho maciza, el muro tendría mucho espesor para alojar la curva de presiones.

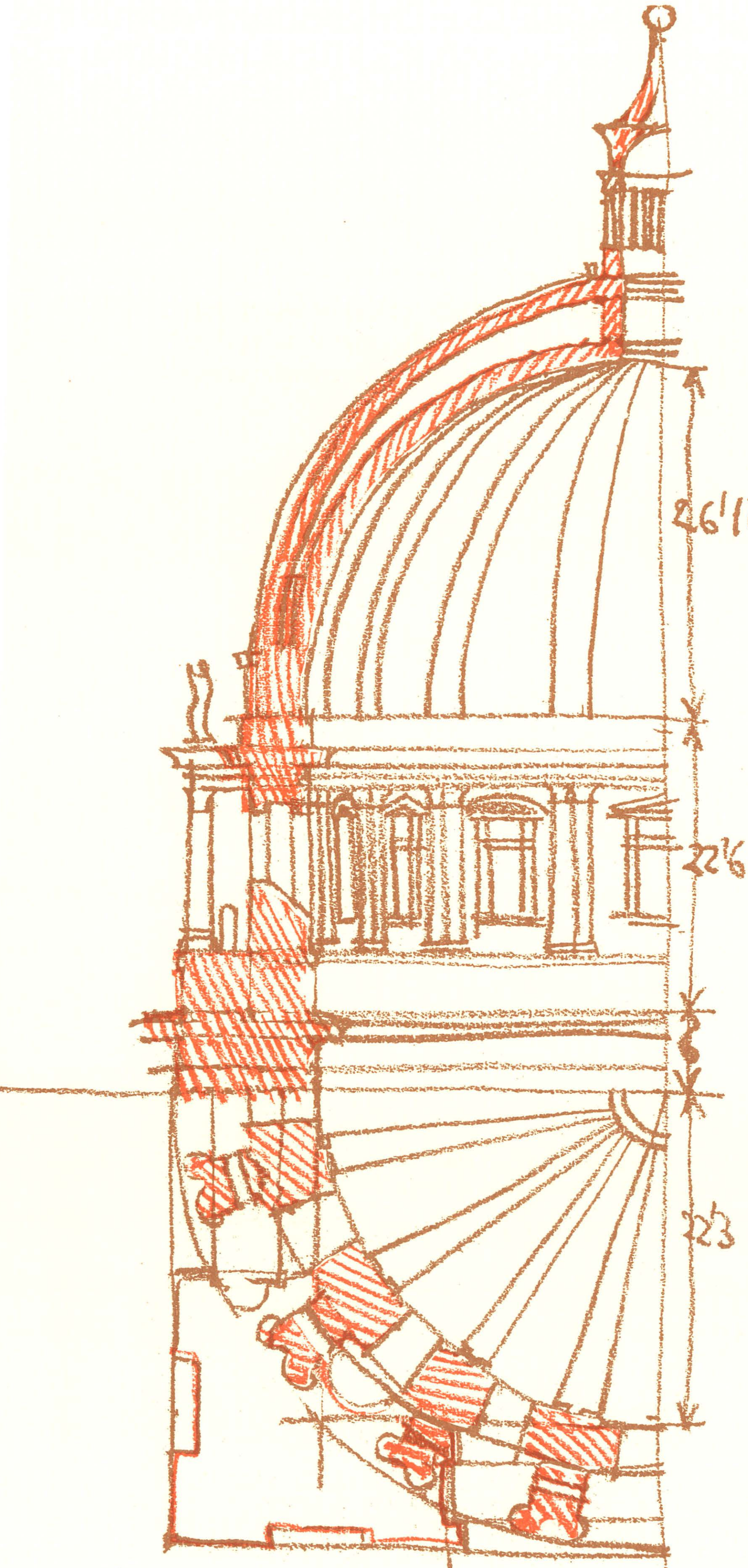
49.1. Sección y planta de la cúpula de Santa Maria del Fiore en Florencia.
49.2. Detalle de la unión entre las dos hojas de la cúpula de Santa Maria del Fiore.
49.3. Esquema de empuje y contrarresto necesario de la cúpula de Santa Maria del Fiore en la hipótesis de que no se hubiera aligerado con las dos hojas.


anillo de madera M
Se construyó sin cimbra
Si se hubiera hecho
macizo el muro
tendría mucho espesor
para alojar la curva
de presiones

(fol. 50)

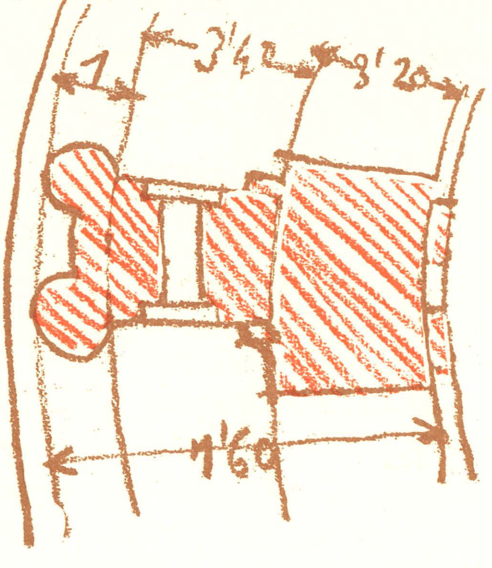
SAN PEDRO EN EL VATICANO-ROMA. Cúpulas interior y exterior estables por separado. La exterior disminuye el empuje de la interior. Ésta es de espesor constante de 2 m. La otra tiene 1 en su arranque. La resultante de las presiones no se contiene en el muro del tambor. Así que son necesarios los 16 contrafuertes. Las cúpulas van unidas por 16 tabiques meridianos. Hay cinchos de hierro.

50.1. Sección y planta de la cúpula de San Pedro de Roma (con indicación en lápiz rojo de la superficie ocupada por el pilar).
50.2. Detalle acotado, en planta, del contrafuerte del tambor de la cúpula de San Pedro de Roma.



SAN PEDRO EN EL
VATICANO—ROMA

Cúpulas interior y exterior estables por separado. La exterior disminuye el empuje de la interior. Ésta es de espesor constante de 2 m. La otra tiene 1 a 2 m arranque. La resultante de las presiones no se contiene en el muro del tambor. Así que son necesarios los 16 contrafuertes. Las cúpulas van unidas por 16 tabiques meridianos. Hay cinchos de hierro



(fol. 51)

Han aparecido grietas por estar hecho el muro de diversos materiales. En éste carga el peso de la cúpula y ha cedido, aumentando la carga de la sillería y del ladrillo, que se ha agrietado, y más la sillería, que no puede asentar por ser muy rígida. Así aparecen grietas verticales. El estilobato se partió verticalmente, en toda la longitud del anillo.

Los pilares ocupan una superficie casi igual al área cubierta *(fig. 50.1)*.

INVÁLIDOS DE PARÍS

Cúpulas en desplome

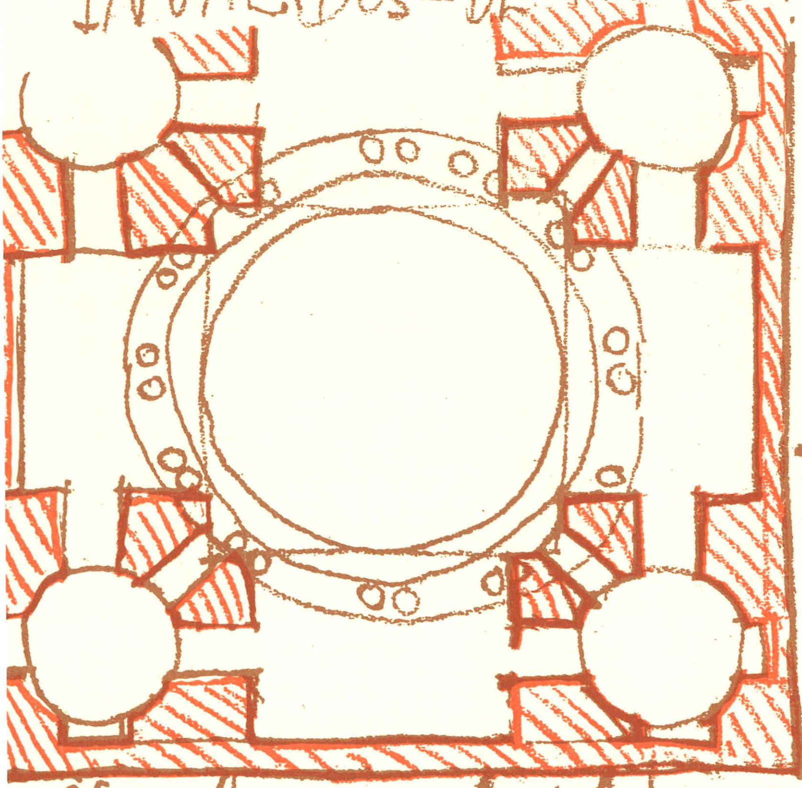
51.1. Sección constructiva, con indicación de empujes, del muro sustentante de la cúpula de San Pedro de Roma: "Paramento exterior de sillería"/"[*Idem*] interior de ladrillo"/"Relleno de mampostería".

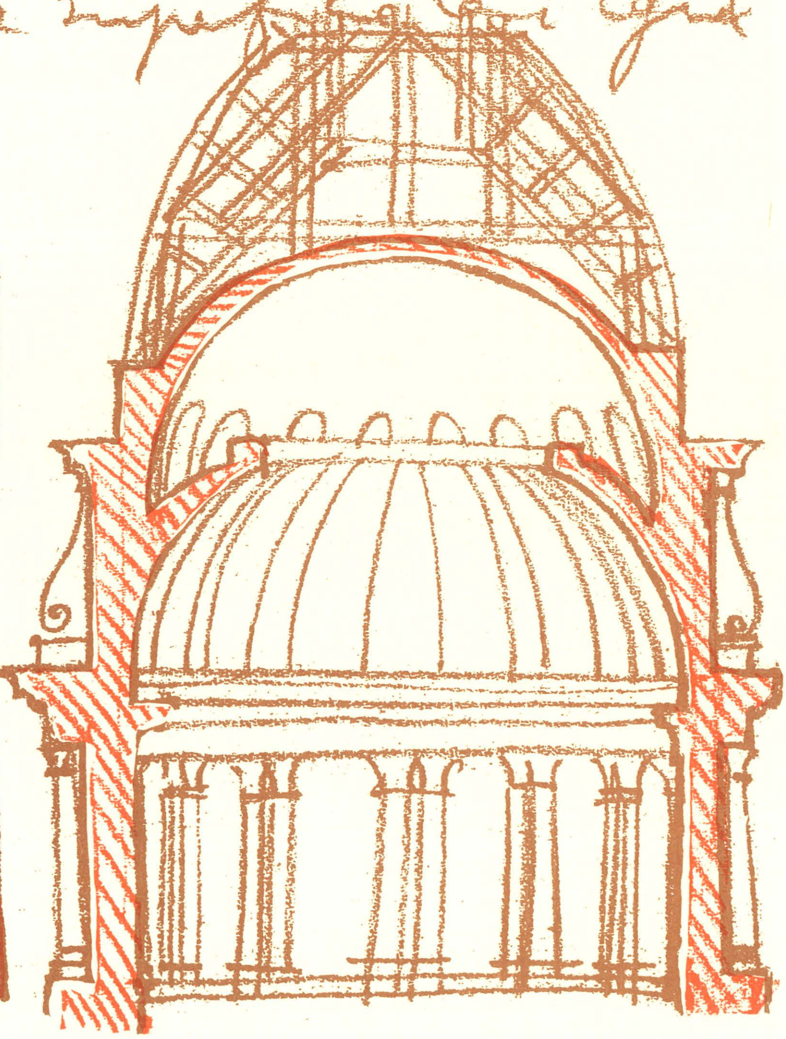
51.2. Planta y sección de la cupula de los Inválidos de París.

Han aparecido grietas por estar hecho el muro
de diversos materiales
Paramento exterior de sillería
interior de ladrillo
Relleno de mampostería

En este carga el peso de la
cúpula y lo cedido, aumentado
la carga de la sillería y del ladrillo, que se han
agrietado, y más la sillería, que no puede
absorber por ser muy rígida. Así apare-
cen grietas verticales. El estilóbato se
partió verticalmente, en toda la longitud
del anillo.
Los pilares ocupan una superficie casi igual
al área cubierta

INVÁLIDOS-DE PARÍS





Cf. Cúpulas a [illegible]

(fol. 52)

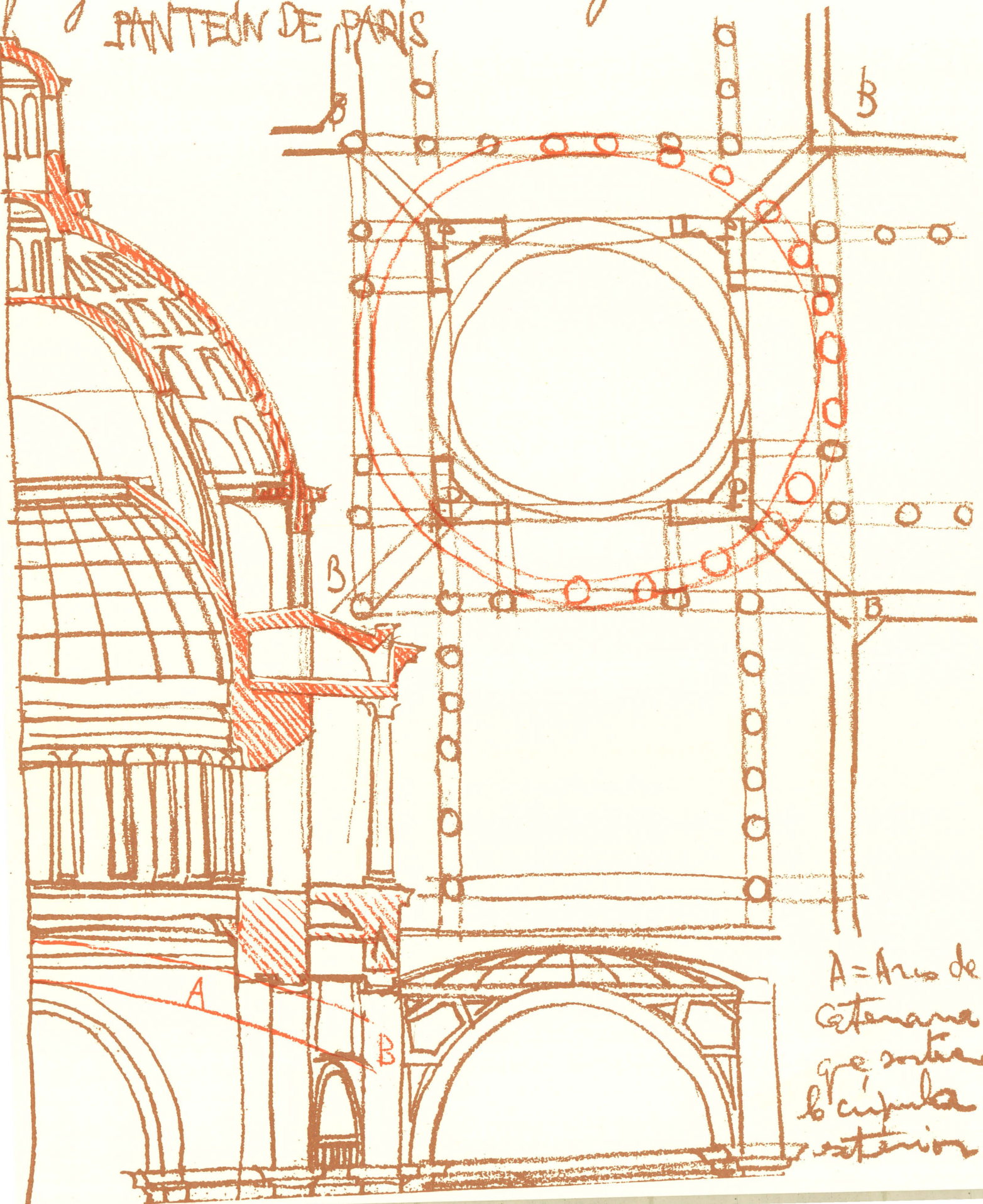
Los pilares sólo reciben las cargas. Los empujes se llevan más lejos.

PANTEÓN DE PARÍS.
A = Arco de catenaria que sostiene la cúpula exterior.

52.1. Sección general y planta de la cúpula del Panteón de París.

Los pilares solo reciben las cargas. Las empujes se llevan más lejos

PANTEÓN DE PARÍS

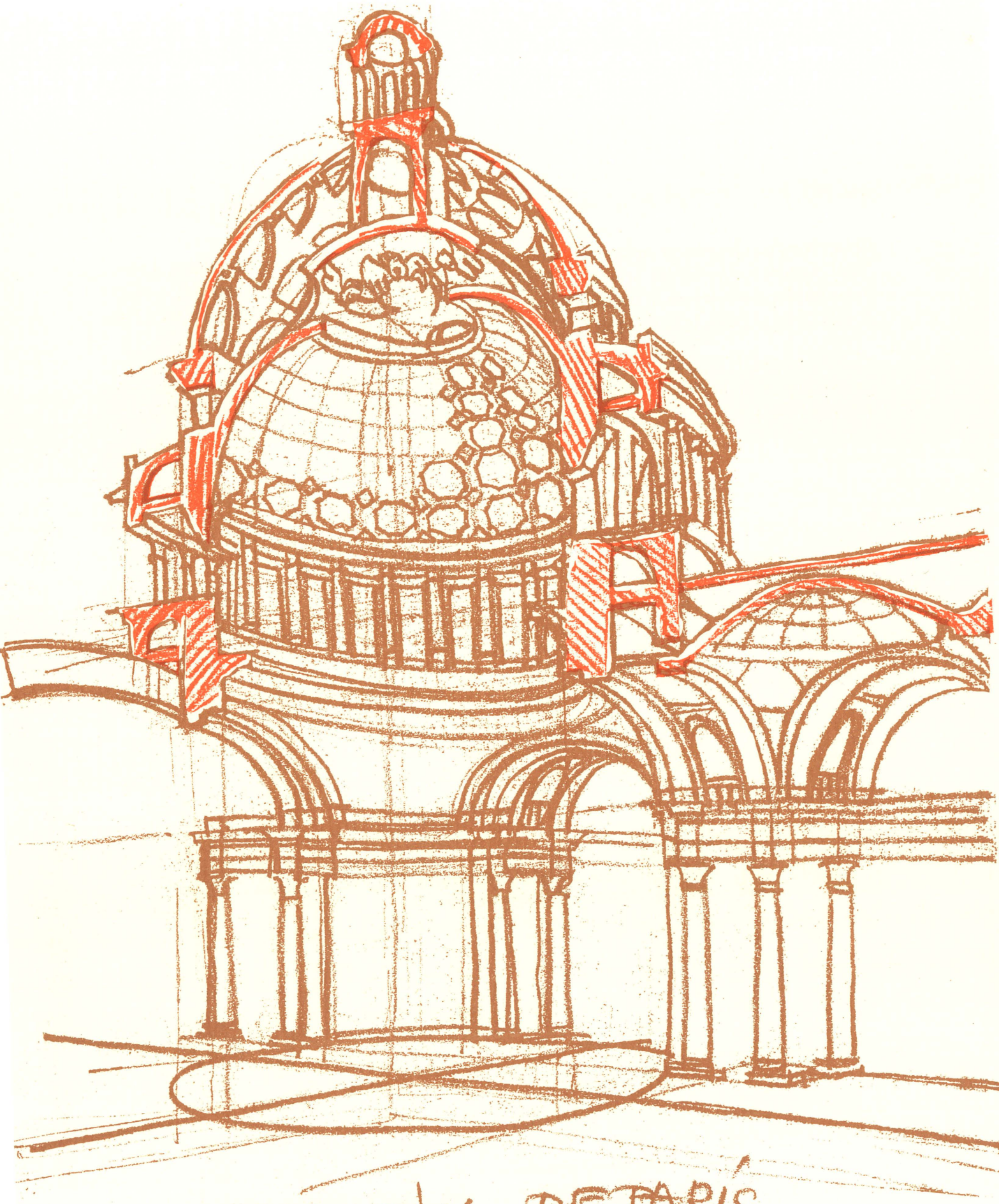


A = Arco de catenaria que sostiene la cúpula exterior

(fol. 53)

PANTEÓN DE PARÍS. Construído en 1760 por Soufflot.

53.1. Perspectiva seccionada del Panteón de París.



PANTEÓN DE PARÍS
Contido — 1960 por Soufflot

(fol. 54)

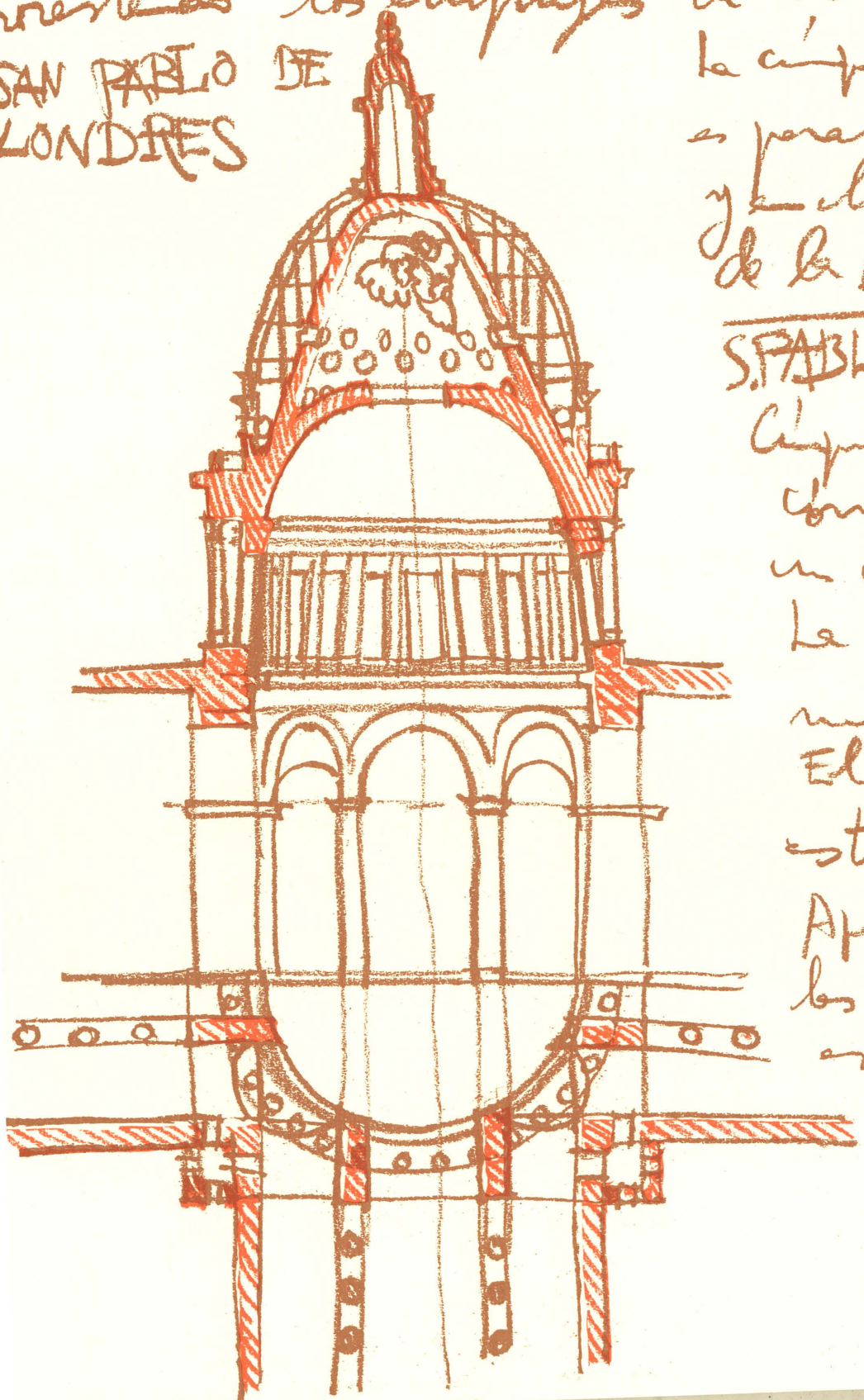
El tambor de columnas se apoya en 4 arcos A de catenaria que apoyan en los puntos B *(fig. 52.1)*. También arrancan de los puntos B arcos de cuadrante que van a los 4 pilares P, contrarrestando los empujes de la cúpula interior. La cúpula intermedia es parabólica, de foco F y en ella carga el peso de la linterna.

SAN PABLO DE LONDRES. Cúpula intermedia cónica, acabando en un casquete esférico. La exterior es de madera. El tambor interior es troncocónico. Apoya en 4 arcos torales y 4 trompas esféricas.

54.1. Planta y sección de la cúpula de la Catedral de San Pablo de Londres.
54.2. Génesis geométrica de la trompa esférica.

El tambor de columnas se apoya en 4 arcos A de catenaria que apoyan en los puntos B. También arrancan de los puntos B, unos de cuadrantes que se ven a los 4 pilares P, contrarrestando los empujes de la cúpula interior

SAN PABLO DE LONDRES

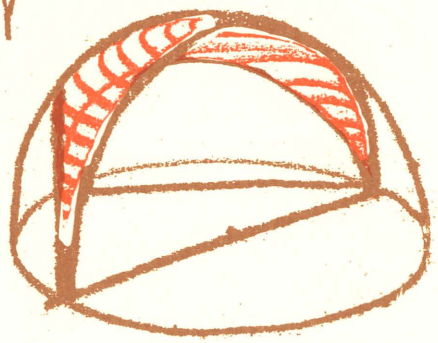


la cúpula intermedia es parabólica, de fábrica y sobre ella carga el peso de la Linterna

---

S. PABLO DE LONDRES

Cúpula intermedia cónica, acabada en un casquete esférico. La exterior es de madera. El tambor interior es troncocónico. Apoya en 4 arcos torales y 4 trompas esféricas



(fol. 55)

BÓVEDAS MODERNAS DE LADRILLO

Simples: Cilíndrica, Cónica, Esférica.

Compuestas: Por arista, Por rincón.

CILÍNDRICAS: Si el muro ha de continuar por encima, se apoyan como en (II), para repartir mejor el peso del muro, disminuir la luz del arco, y poderlo construir después del muro, sobre todo cuando éste es de poco espesor.

Si la bóveda es muy gruesa se superponen roscas para disminuir los rellenos R. La primera rosca está más comprimida que las demás. Para evitarlo, se atan con 5 llaves. A veces se suprime la de la clave.

55.1. Sección comparativa de distintos entronques de una bóveda cilíndrica de ladrillo con el muro: "I" *y* "II".

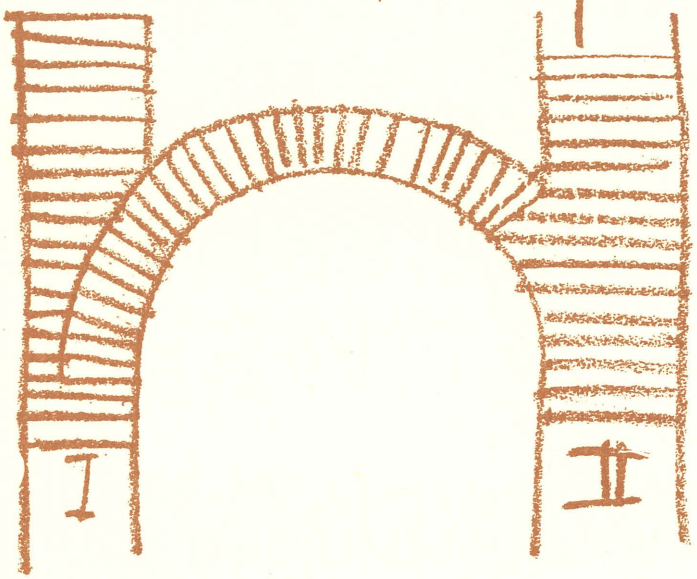
55.2. Sección de una rosca en una bóveda de ladrillo, con indicación de los rellenos.

55.3. Sección de una bóveda de ladrillo de dos roscas atadas con llaves, con distintos encuentros con el muro.

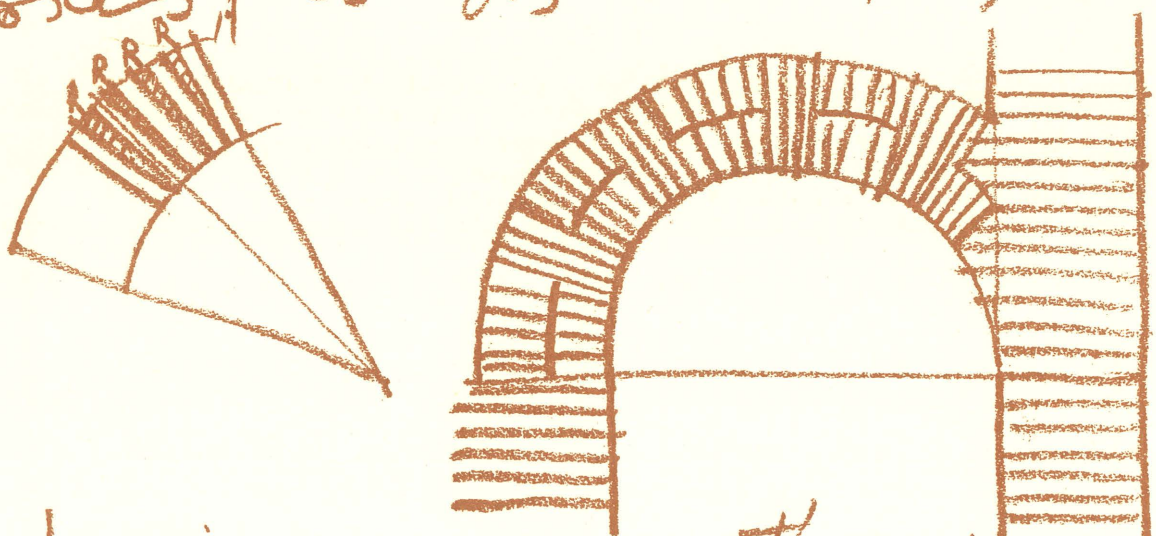
BÓVEDAS MODERNAS DE LADRILLO

Simples { Cilíndrica, Cónica, Esférica
Compuestas { Por arista, Por rincón

CILÍNDRICAS: Si el muro ha de continuar por encima, se aparejan como (III), para repartir mejor el peso del muro, disminuir la luz del arco, y poderlo construir después del muro, sobre todo cuando éste es de poco espesor.



Si la bóveda es muy gruesa se superponen rosas para disminuir los rellenos R



La primera rosa arte más comprimida que las demás. Para evitarlo, se arte con 5 llaves. A veces se suprime la de la clave

(fol. 56)

BÓVEDAS ESCARZANAS EN SÓTANOS

BÓVEDA ESCARZANA CARGANDO EN 4 MUROS: Se apareja por planos normales (I) o paralelos (II) a la diagonal.

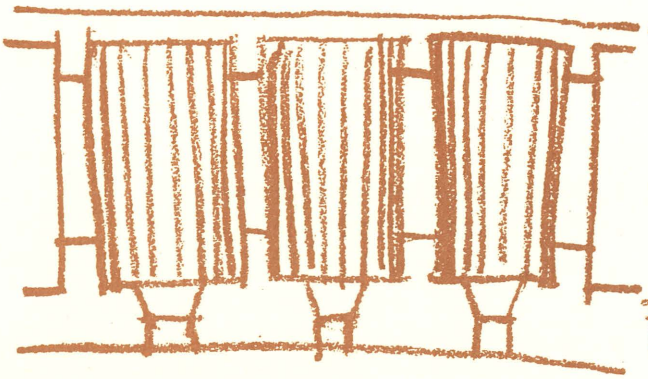
RAMPAS poco inclinadas

RAMPAS muy inclinadas: se despiezan por superficies helicoidales.

56.1. Planta y sección de bóvedas rebajadas: "SECCIÓN"/"TRAVIESA"/"FACHADA".
56.2. Planta y sección de dos bóvedas rebajadas sobre planta rectangular, aparejadas por planos normales a las diagonales: "(I)"*; o por planos paralelos a las mismas:* "(II)".
56.3. Sección de una bóveda en rampa, con hiladas inclinadas.
56.4. Planta y sección de dos bóvedas en rampa, con hiladas helicoidales.

BÓVEDAS ESCARZANAS EN SÓTANOS

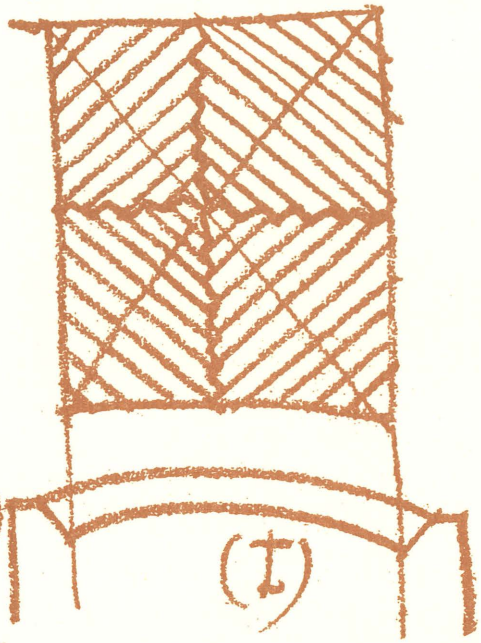
SECCIÓN



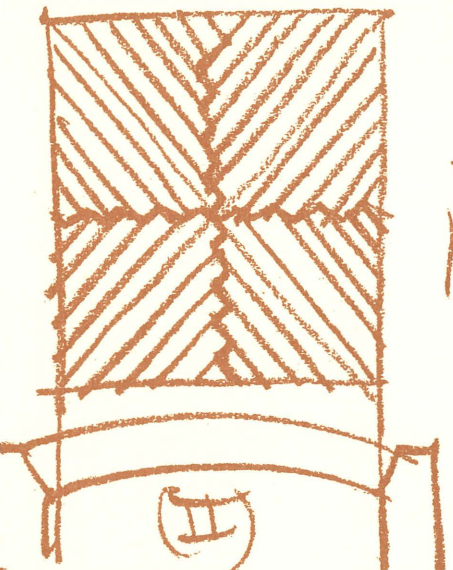
TRAVIESA

FACHADA

BÓVEDA ESCARZANA CARGANDO EN 4 MUROS:



(I)

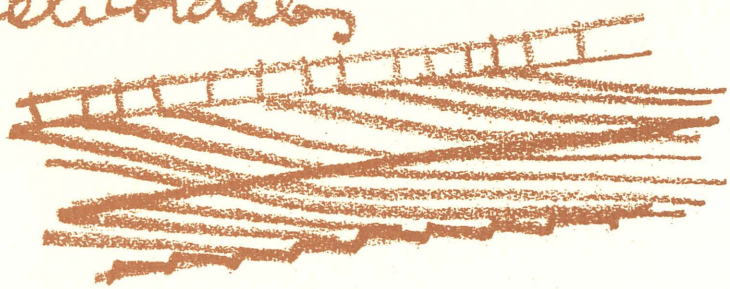


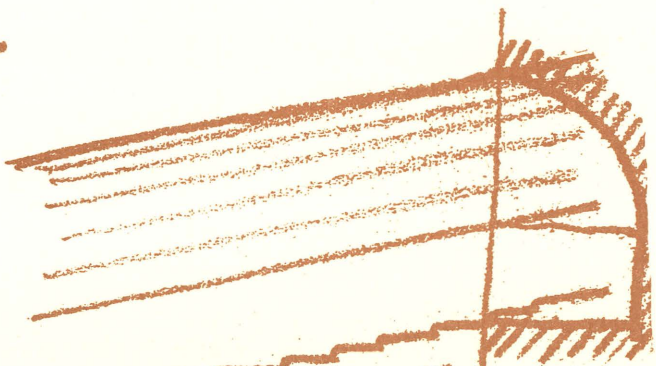
(II)

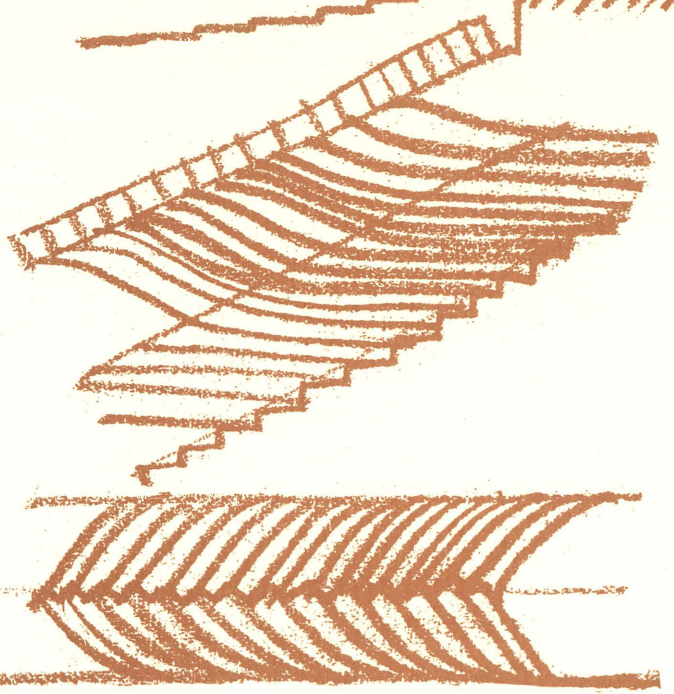
Se apoya en muros normales (I) o paralelos (II) a la diagonal

RAMPAS poco inclinadas:

RAMPAS muy inclinadas: se doblan en superficies helicoidales







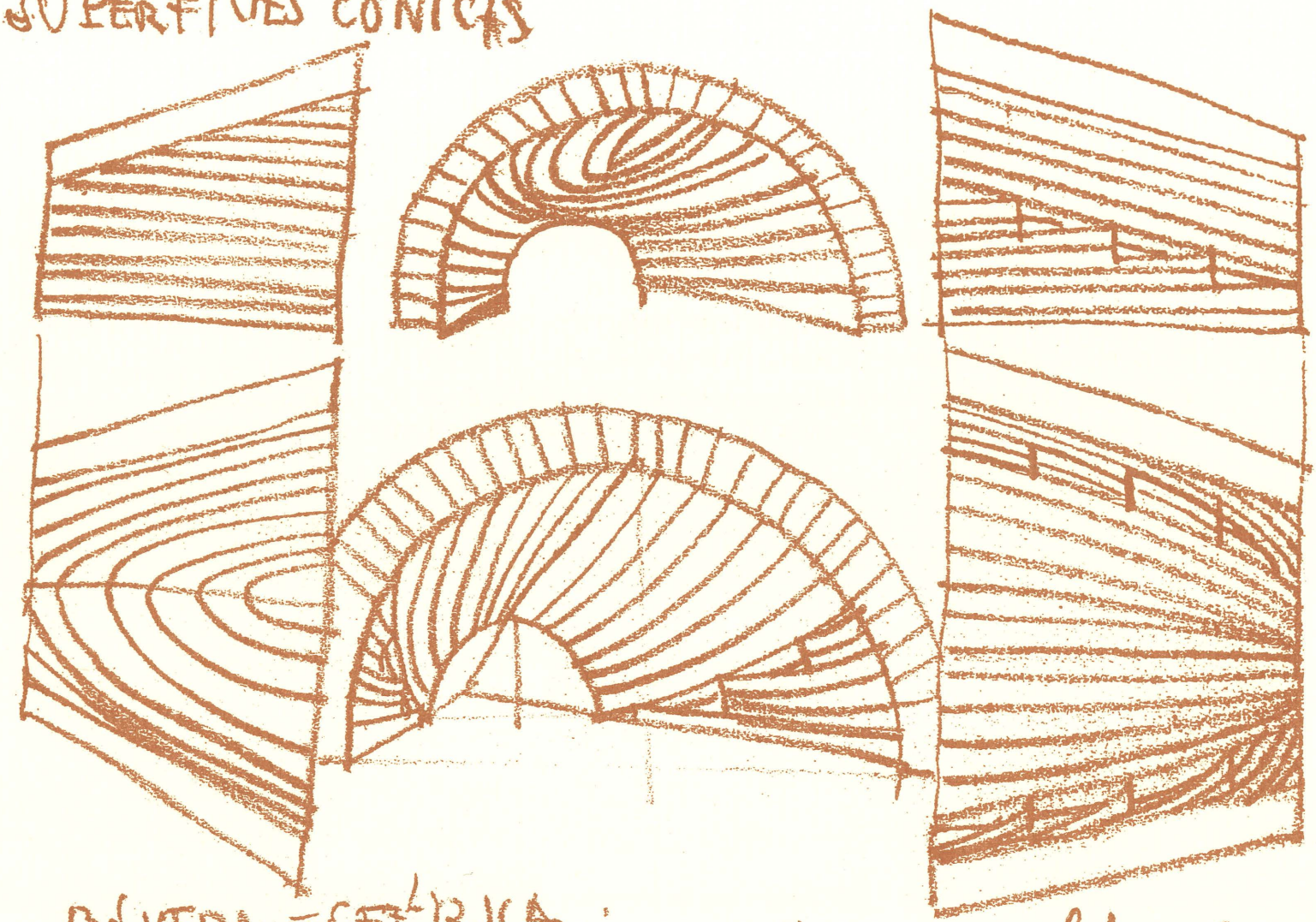
(fol. 57)

SUPERFICIES CÓNICAS

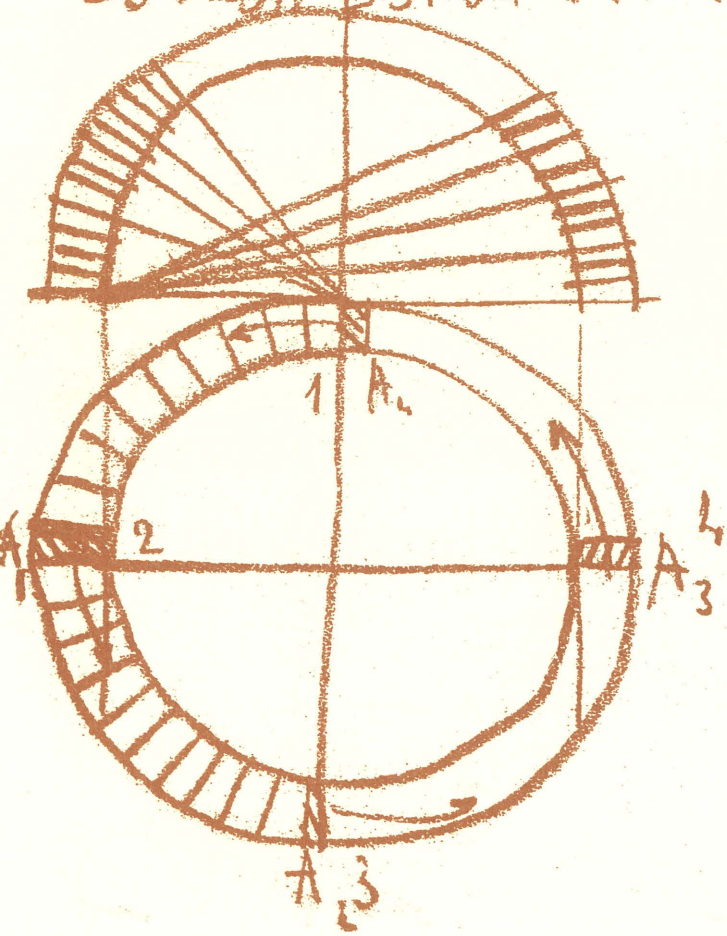
BÓVEDA ESFÉRICA: Si se hace una bóveda bizantina por 4 cuadrillas 1, 2, 3 y 4, al trabajar la cuadrilla 1 en dirección a 2 puede quedar en A_1 un ladrillo cortado. En total quedan 4, A_1, A_2, A_3 y A_4. Esto se evita haciendo hiladas en espiral rematando con un sillar.

57.1. Planta, sección y perspectiva de dos bóvedas cónicas con diferentes aparejos.
57.2. Esquema del proceso constructivo, en planta y sección, de una bóveda esférica en ladrillo por hiladas radiales.

SUPERFICIES CÓNICAS



BÓVEDA ESFÉRICA:



Si se hace una bóveda bizantina por 4 cuadrillas 1, 2, 3 y 4, al trabajar la cuadrilla 1 en dirección a 2 puede quedar en A_1 un ladrillo cortado. En total quedan 4, A_1 A_2 A_3 y A_4. Esto se evita haciendo hilados en espiral, sometiendo con un sillar

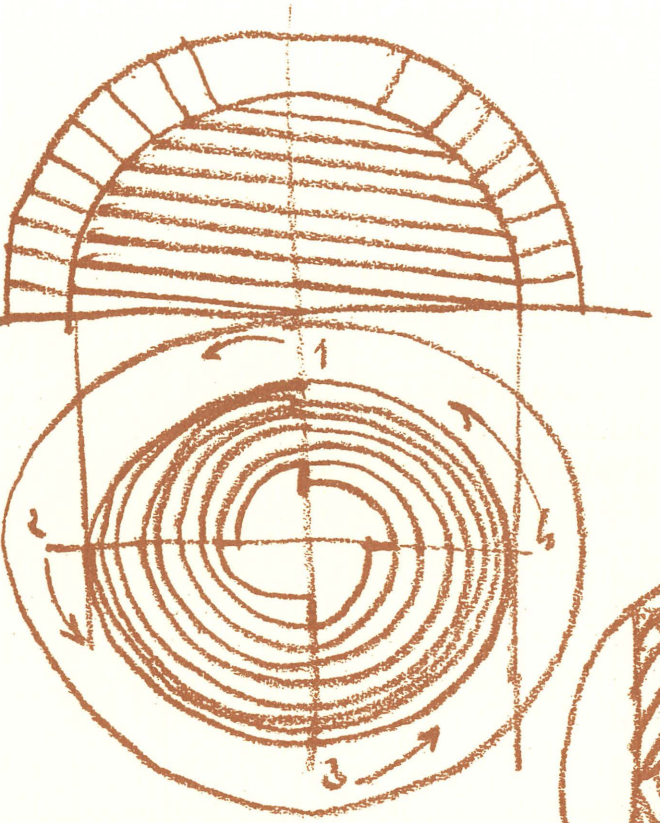
(fol. 58)

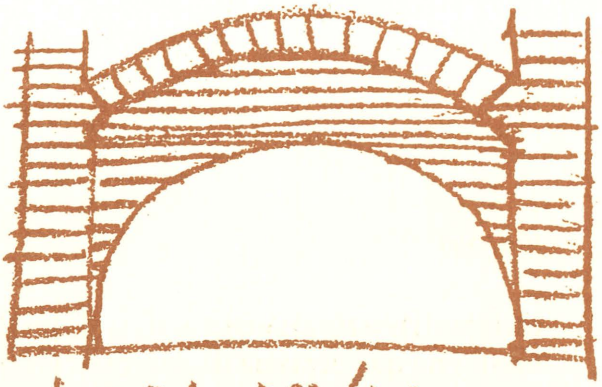
BÓVEDA VAÍDA. Se despieza la pechina por hiladas horizontales.

Aparejos por planos normales a las diagonales y a los ejes.

La bóveda vaída sobre planta rectangular resulta poco visible desde A y sube demasiado. Por esto se toma como bóveda vaída un trozo de esfera de mayor diámetro; y los arcos de cabeza resultan escarzanos.

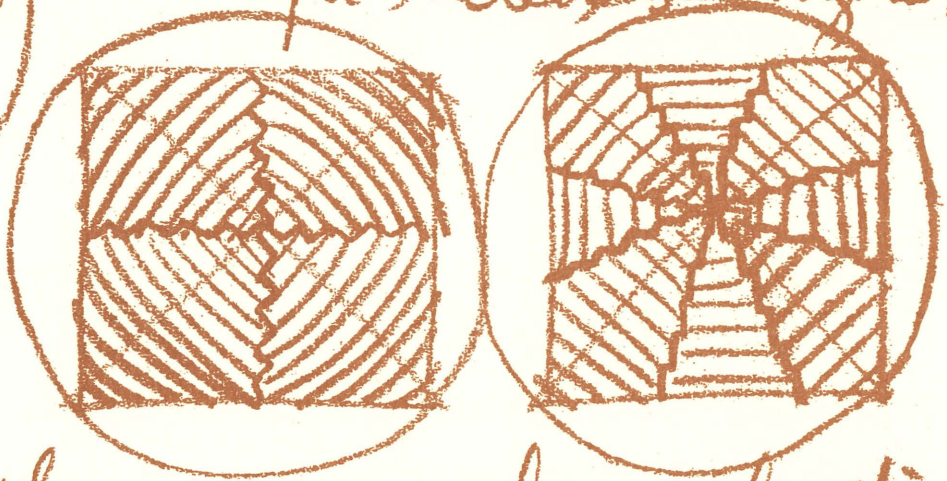
58.1. Esquema del proceso constructivo, en planta y sección, de una bóveda esférica en ladrillo, con hiladas helicoidales.
58.2. Sección de bóveda vaída de ladrillo y su entronque en el muro.
58.3. Distintos aparejos de ladrillo en bóveda vaída: por planos normales a las diagonales y por planos normales a los ejes y diagonales.
58.4. Trazado, en planta y alzados, de bóveda vaída sobre planta rectangular.





BÓVEDA VAÍDA

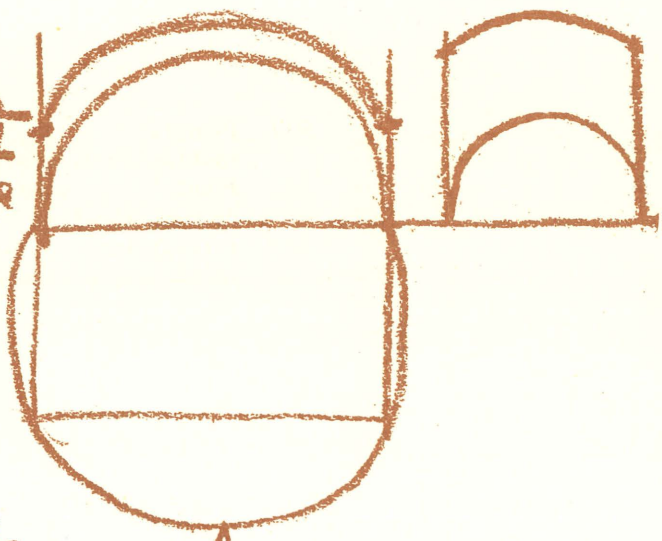
Se despieza de pechina a pechina por líneas horizontales



Apeajos por planos normales a las diagonales y a los ejes

La bóveda vaída sobre planta rectangular resulta poco visible desde el suelo y sube demasiado

Por esto se toma como bóveda vaída un trozo de esfera de mayor diámetro; y los arcos de cabeza resultan escarzanos



(fol. 59)

ELIPSOIDE DE REVOLUCIÓN SOBRE PLANTA RECTANGULAR. La altura no es arbitraria sino que depende de la planta. Puede disminuirse haciendo un elipsoide escaleno pero esto exige cimbras elípticas.

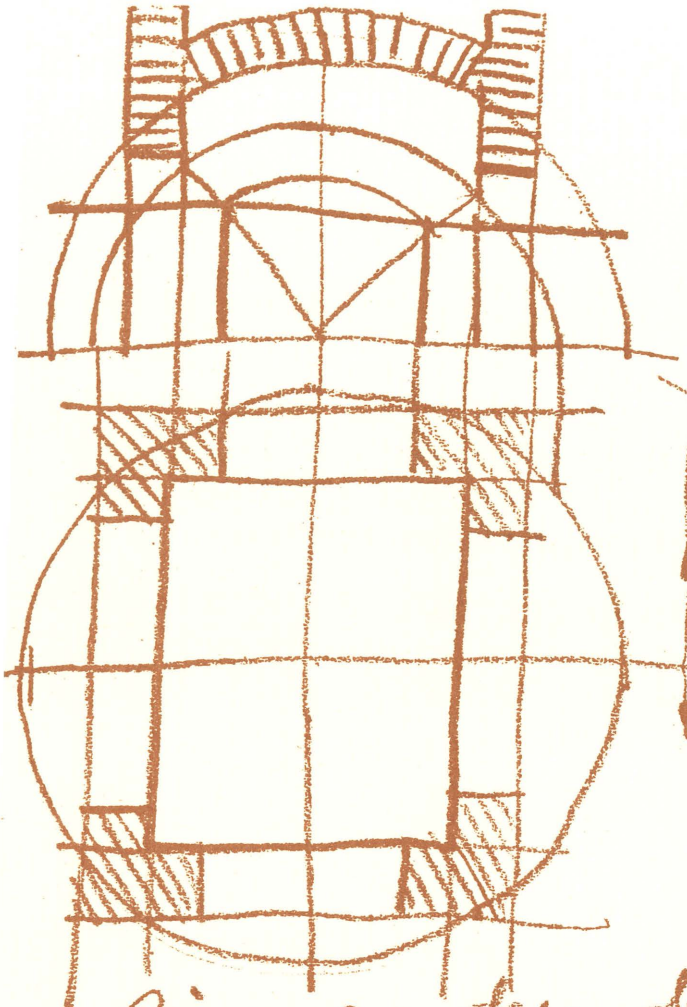
Otro procedimiento: ABA´B´ es arbitraria. Cada paralelo se determina trazando un plano que corta a los arcos de cabeza en XX´ y ZZ´ y al de espinazo en YY´, por lo que se hace pasar un arco de circunferencia X´´Y´´Z´´. Hay distinta curvatura en la clave y en los *(...)*

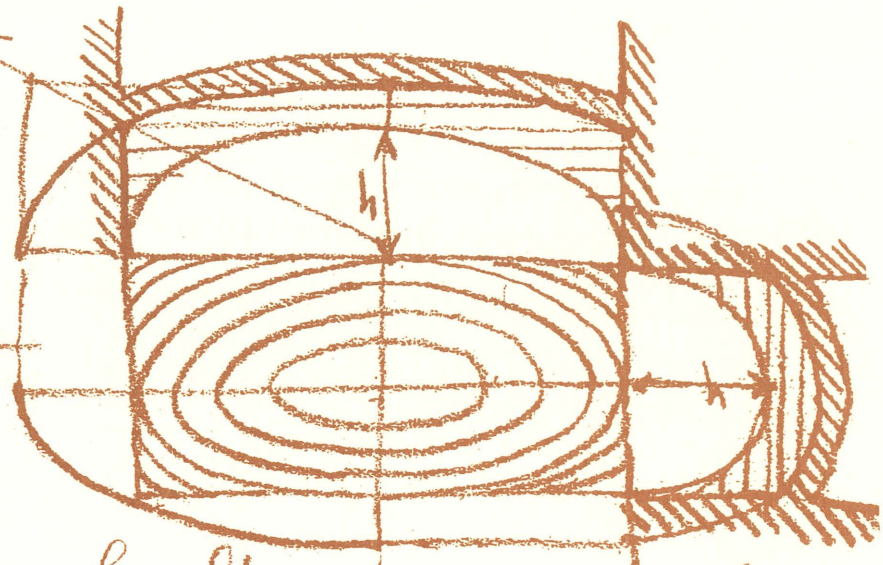
59.1. Planta y sección de bóveda vaída sobre planta rectangular, a partir de una esfera de radio mayor al de la circunferencia circunscrita al rectángulo.

59.2. Planta y secciones de bóveda elipsoidal sobre planta rectangular, con iguales flechas en arcos de cabeza.

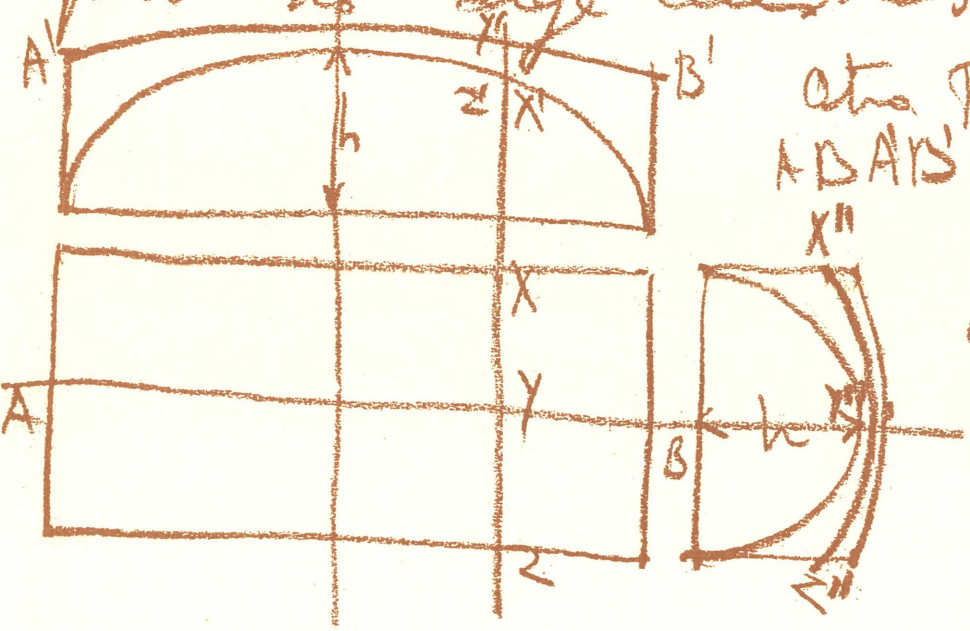
59.3. Procedimiento de trazado, en planta y secciones, de bóveda elipsoidal sobre planta rectangular, con iguales flechas en arcos de cabeza.

ELIPSOIDE DE REVOLUCIÓN SOBRE PLANTA RECTANGULAR





La altura no es arbitraria sino que depende de la planta. Puede disminuirse haciendo un elipsoide escalano pero esto exige cimbras elípticas



Otro Procedimiento: ABA'B' es arbitraria

Cada paralelo se determina trazando un plano que corta a los arcos de cabeza en XX y ZZ' y al de espinazo en YY', por los que se hace pasar un arco de circunferencia, X''Y''Z''

Hay distinta curvatura en la clave que en los

(fol. 60)

(...) arranques, lo que se evita haciendo AB < CD.

CON ARCOS ESCARZANOS

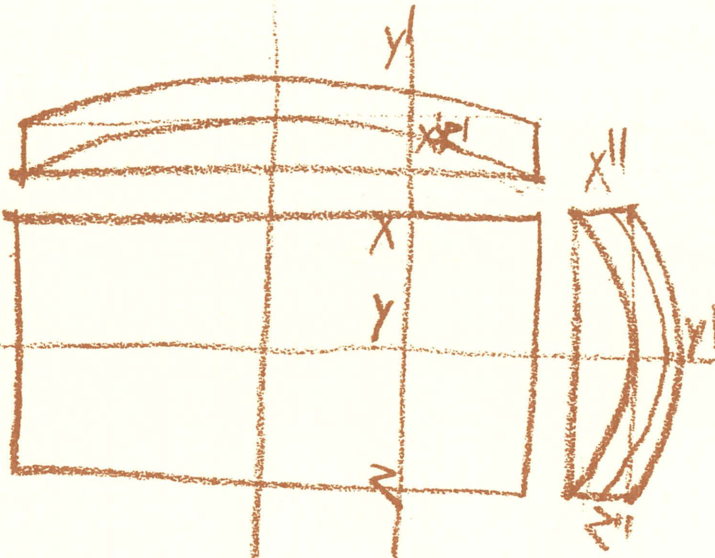
ESPACIO LIMITADO POR ARCOS APUNTADOS

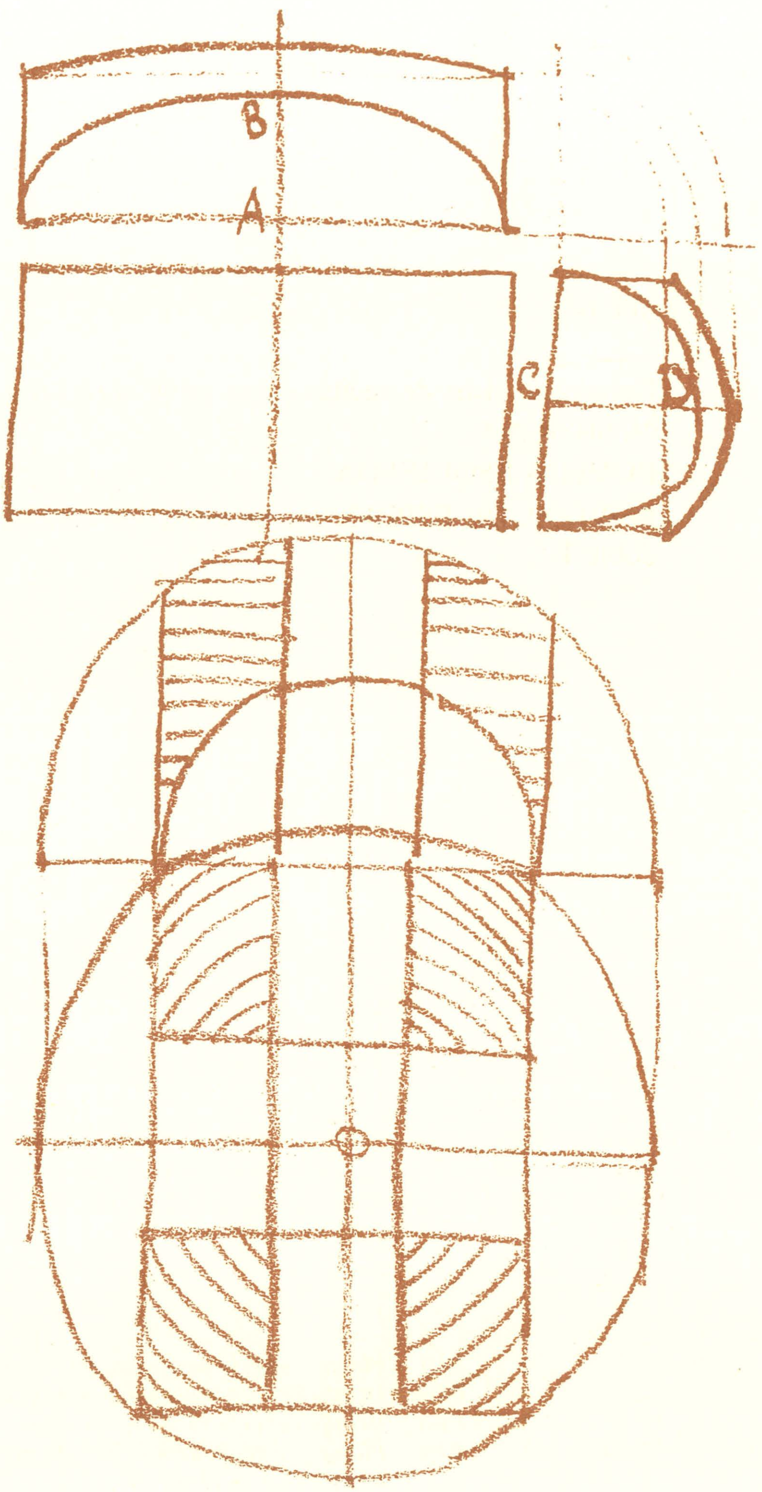
BÓVEDAS COMPUESTAS: POR RINCÓN: Si ha de recibir cargas se apareja por planos normales a la arista.

60.1. Procedimiento de trazado, en planta y secciones, de bóveda elipsoidal sobre planta rectangular.
60.2. Idem de bóveda de arcos escarzanos sobre planta rectangular.
60.3. Trazado, en planta y alzado, de bóveda compuesta por cuatro témpanos esféricos sobre arcos apuntados.
60.4. Esquema geométrico, en planta y alzado, de la obtención de los cuadriláteros esféricos que constituyen la bóveda de 60.3.
60.5. Esquema axonométrico de la obtención de la bóveda por rincón de claustro como intersección ortogonal de dos cilindros de igual diámetro.

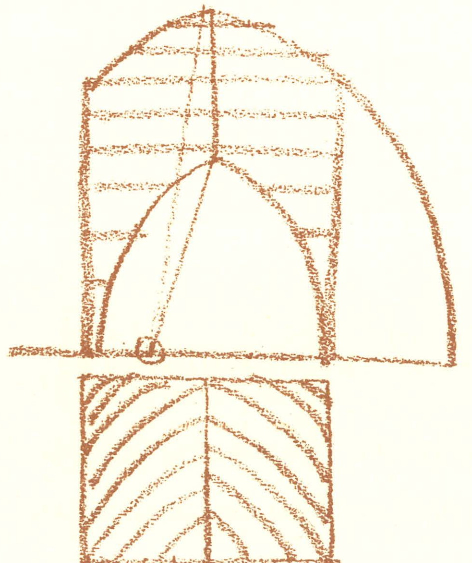
[illegible]amos lo que se
[illegible]vita haciendo AB≤CD

CON ARCOS ESCARZANOS:

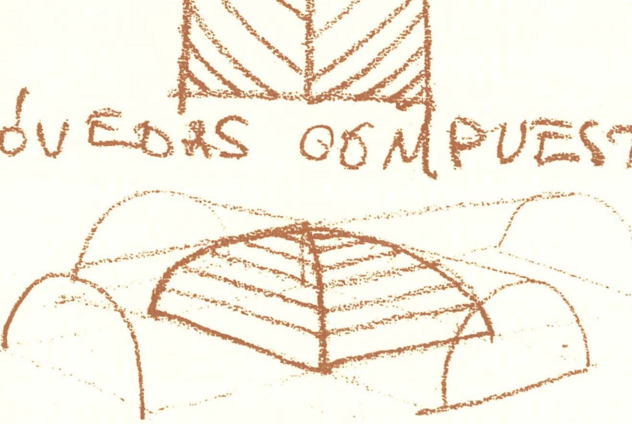




ESPACIO LIMITADO POR ARCOS APUNTADOS:



BÓVEDAS COMPUESTAS: POR RINCÓN:



Si ha de recibir cargas
se aparejan por planos
normales a la arista

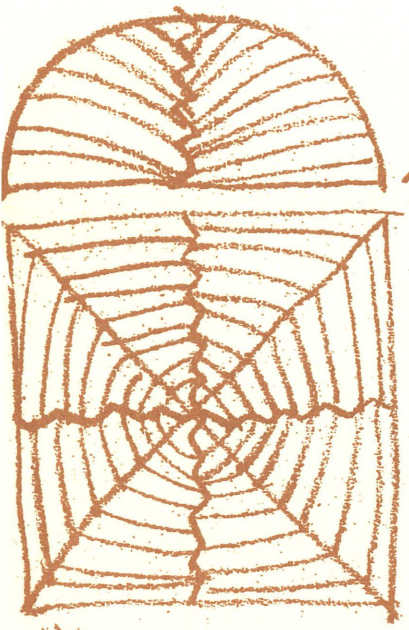
(fol. 61)

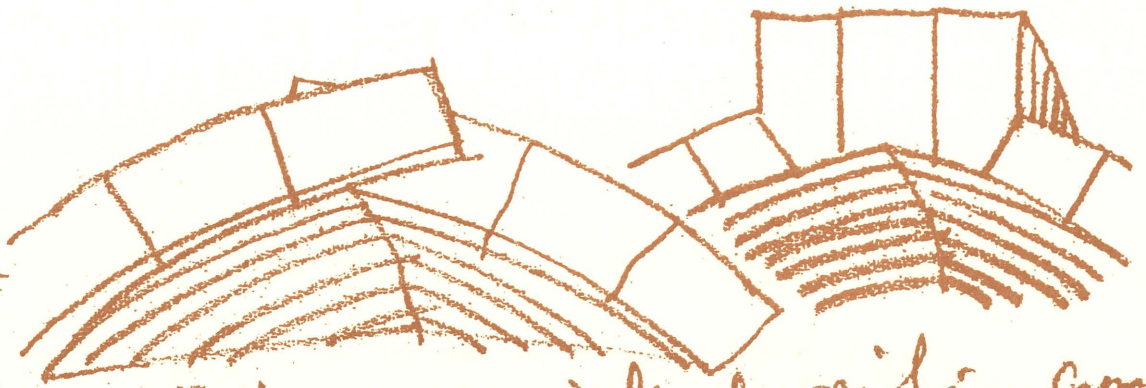
Refuerzos, si ha de recibir carga en la clave. Si no recibe cargas, se hace en las aristas la espina de pez.

BÓVEDA ESQUIFADA

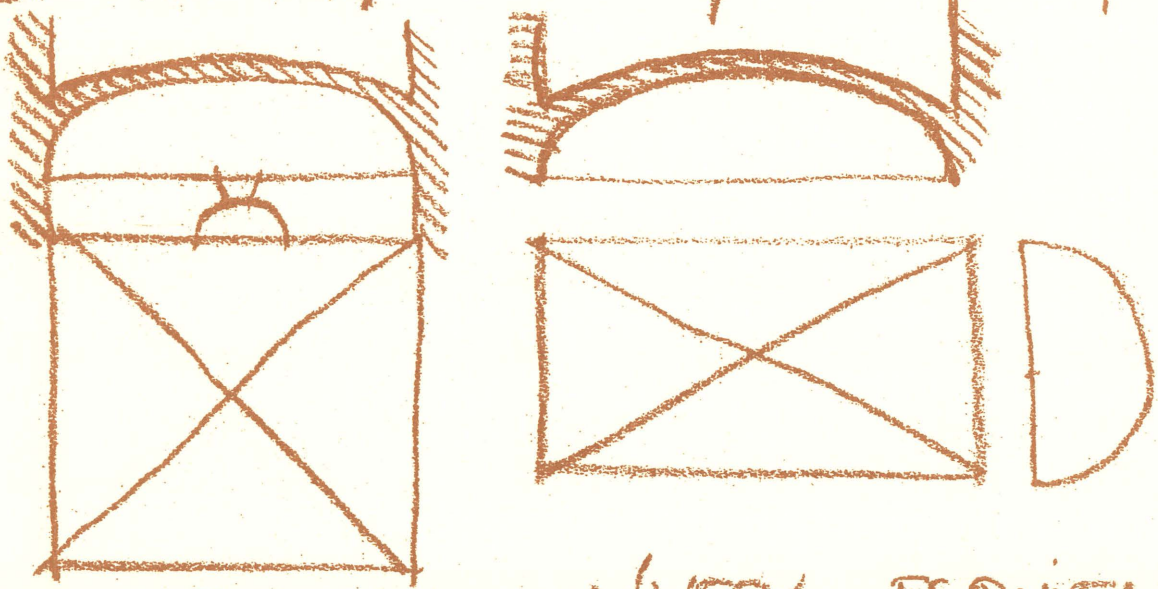
BÓVEDA DE ESPEJO. Puede darse luz cenital bordeando con una cadena de hierro de doble T.

61.1. Planta y alzado de bóveda por rincón de claustro, con indicación del aparejo.
61.2. Detalle de la trabazón del ladrillo en la arista.
61.3. Detalle del refuerzo de la arista.
61.4. Planta y sección de una bóveda por rincón de claustro, sobre planta cuadrada, a partir de cilindros elípticos.
61.5. Planta, sección y alzado de una bóveda por rincón de claustro sobre planta rectangular, con arco de cabeza menor circular.
61.6. Planta y alzados de bóveda esquifada.
61.7. Planta y alzados de bóveda de espejo.

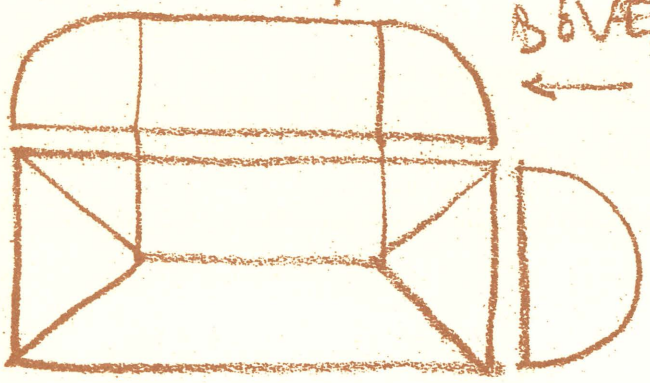


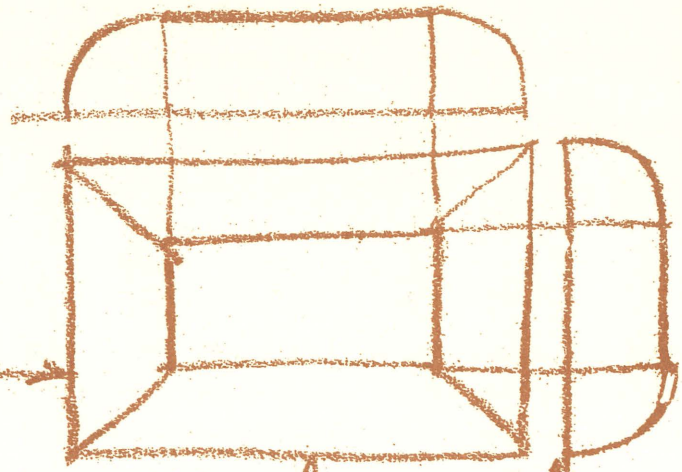


Refuerzos, si ha de recibir carga en la clave. Si no recibe cargas, se hace en las arrastres la espina de pez



BÓVEDA ESQUIFADA





BÓVEDA DE ESPEJO

Puede darse luz central bordeando con una cadena de hierro de doble"!

(fol. 62)

VENTANAS SOBRE LA LÍNEA DE ARRANQUE:

LUNETO. Hay una curva de 4º grado de poca resistencia.

OTRO SISTEMA: 123 es un trozo de esfera. $\overline{14}$ es un arco de medio punto.

EN BÓVEDAS ESQUIFADAS. Se apareja por planos normales a la intersección del cilindro y la esfera.

BÓVEDA CON 4 VANOS

62.1. Detalle, en axonometría, de la apertura de un luneto en una bóveda.
62.2. Trazado, en planta y alzado, de la apertura de luneto esférico en una bóveda por rincón de claustro sobre planta rectangular.
62.3. Idem de luneto esférico en una bóveda esquifada.
62.4. Idem de luneto esférico en una bóveda esquifada. "RADIO".
62.5. Idem de lunetos esféricos en los cuatro paños de una bóveda esquifada.

VENTANAS SOBRE LA LÍNEA DE ARRANQUE:

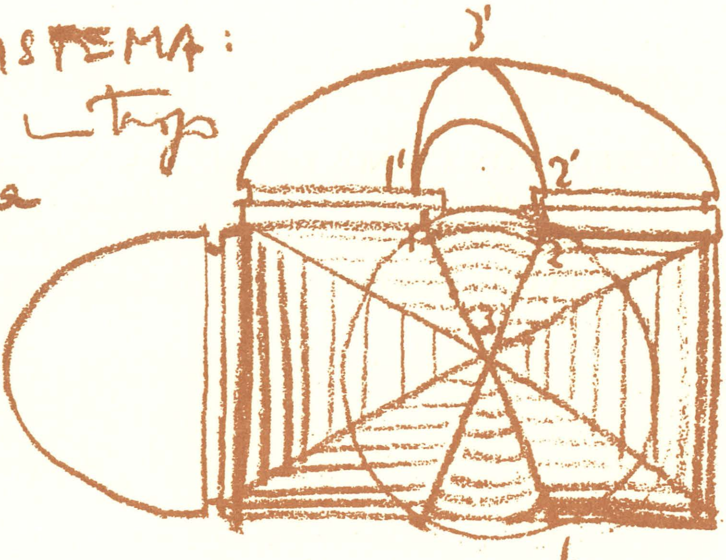
LUNETO

Hay una cuña de 4º grado de poca resistencia

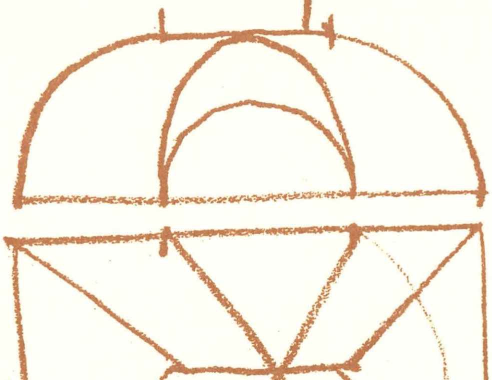
OTRO SISTEMA:

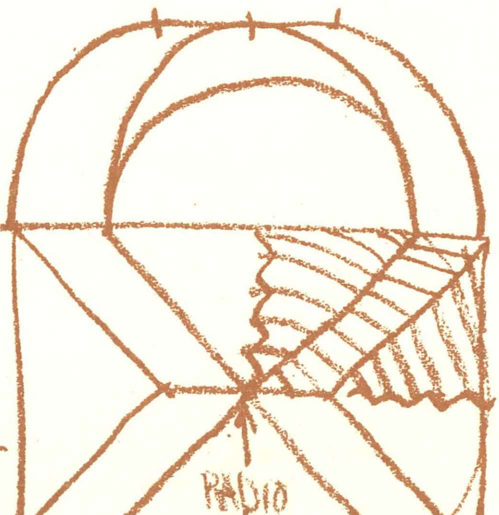
123 es un trozo de esfera

14 es un arco de medio punto



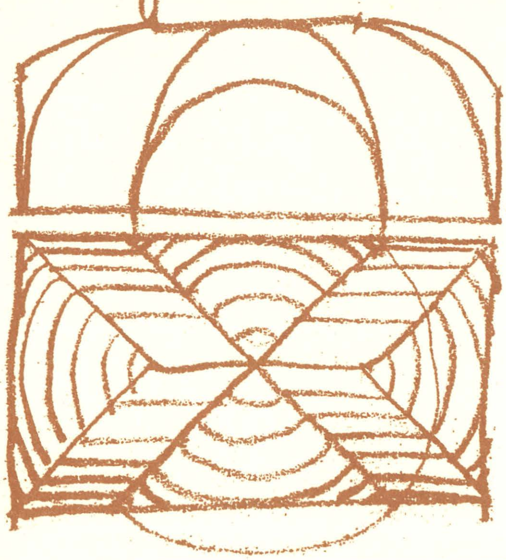
EN BÓVEDAS ESQUIFADAS





Se apoya por planos normales a la intersección del cilindro y la esfera

BÓVEDA CON 4 VANOS

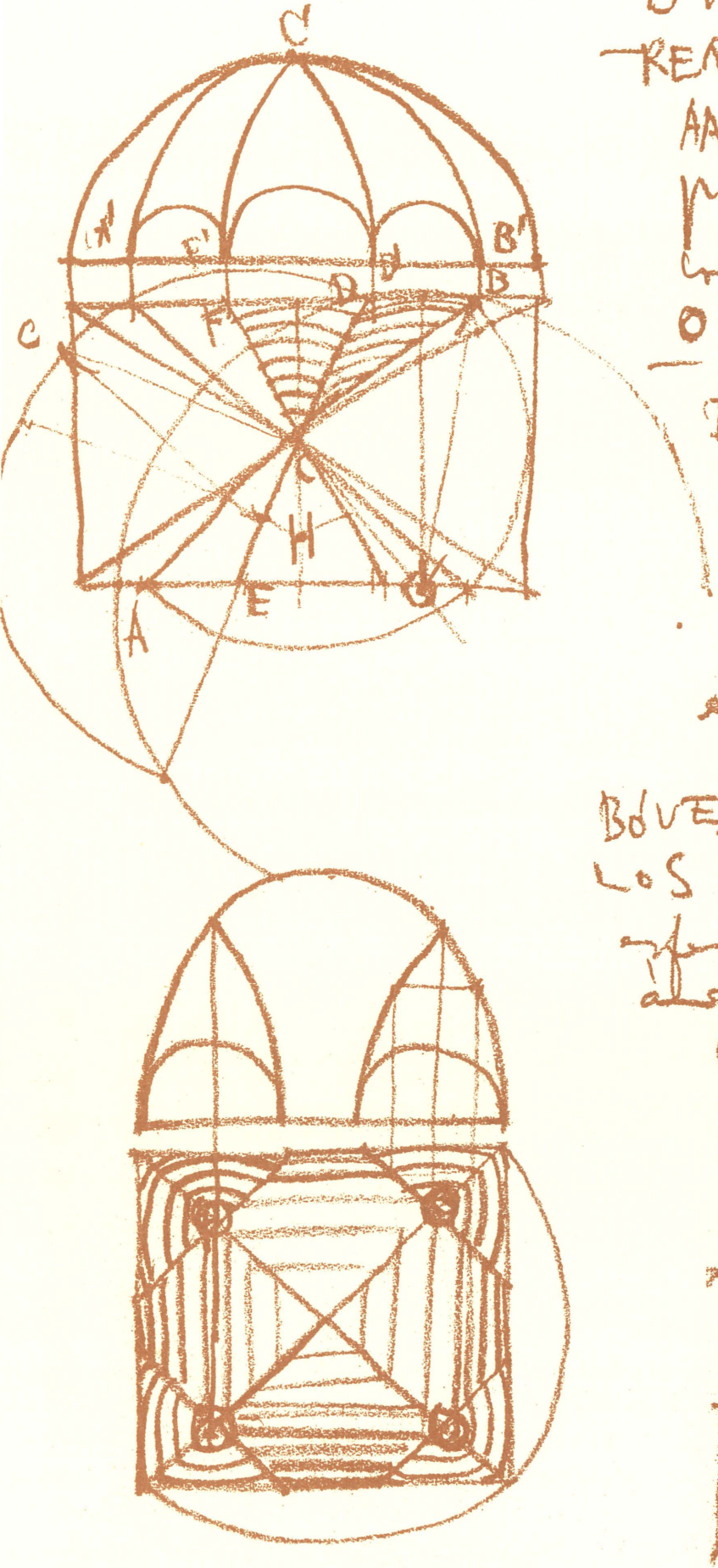


(fol. 63)

BÓVEDA CON 3 VANOS DIFERENTES EN 2 CARAS OPUESTAS. AA´CC´BB´es arco de medio punto. BCD se cubre con la esfera de centro O y radio OB. DCE es un arco apuntado formado por dos ramas iguales a DC. H es el centro de la esfera que cubre CDF.

BÓVEDA CON VENTANAS EN LOS ÁNGULOS: O = Centro de esfera que cubre medio ángulo.

63.1. Trazado, en planta y alzado, de la apertura de tres lunetos esféricos distintos en un mismo paño de una bóveda por rincón de claustro sobre planta rectangular.
63.2. Trazado, en planta y alzado, de la apertura de lunetos esféricos en los ángulos de una bóveda por rincón de claustro.
63.3. Idem más alzado diagonal.



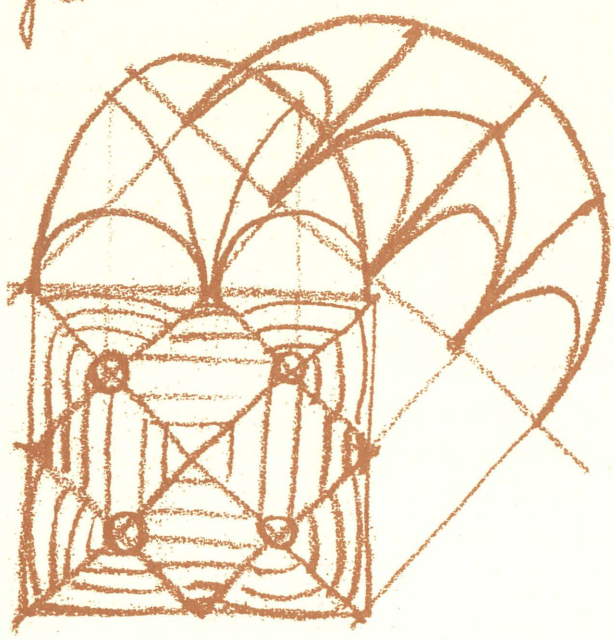
BÓVEDA CON 3 VANOS DIFERENTES EN 2 CARAS OPUESTAS

AA' CC' BB' = arco de medio punto. BCD se cubre con la esfera de centro O y radio OB

DE = arco apuntado formado por dos arcos iguales a DC

H = el centro de la esfera que cubre CDF

BÓVEDA CON VENTANAS EN LOS ÁNGULOS: O = Centro de esfera que cubre medio ángulo

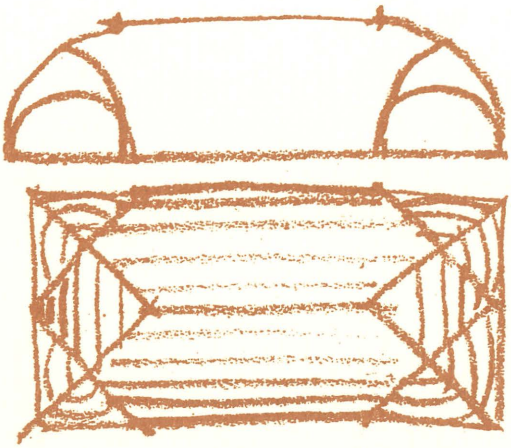


(fol. 64)

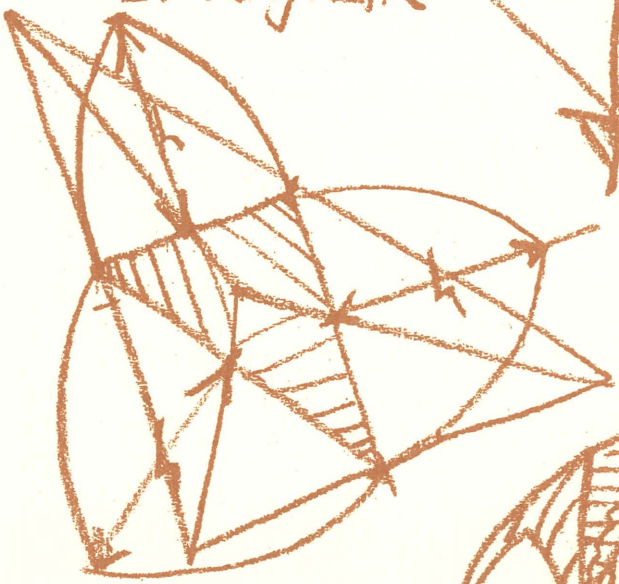
BÓVEDA POR RINCÓN SOBRE 4 ARCOS APUNTADOS
BÓVEDA POR RINCÓN EN PLANTA IRREGULAR

La bóveda por rincón es la correspondiente al exágono circunscrito.

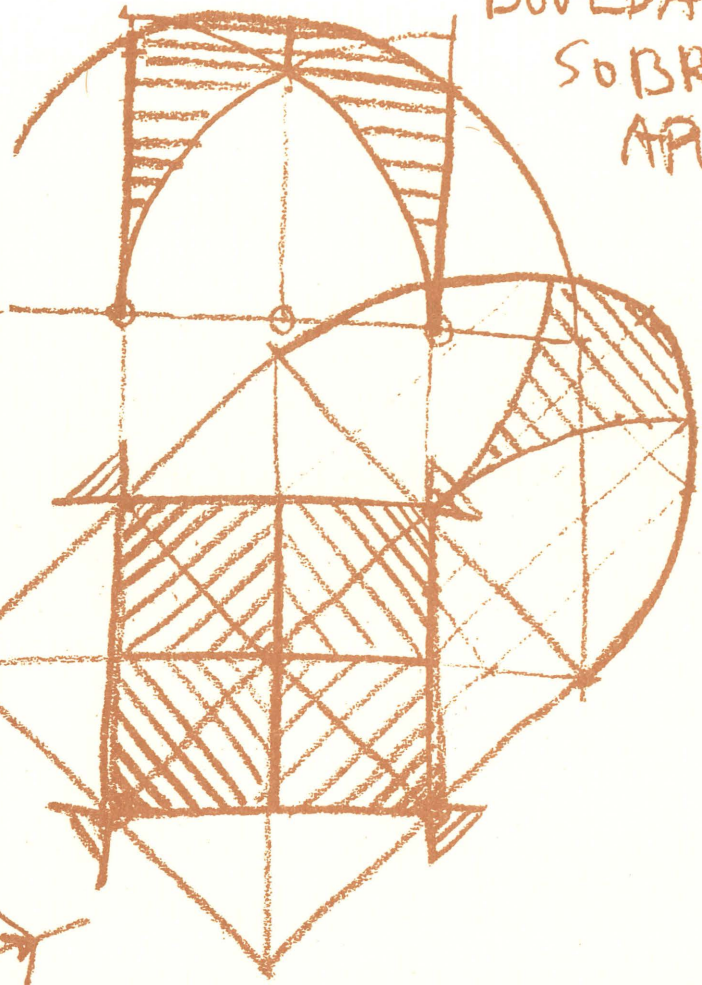
64.1. Trazado, en planta y alzado, de la apertura de lunetos esféricos en los ángulos de una bóveda esquifada.
64.2. Trazado, en planta y alzados frontal y diagonal, de bóveda por rincón de claustro sobre cuatro arcos apuntados (a partir del cuadrado inscrito al cuadro original).
64.3. Trazado de bóveda por rincón de claustro sobre planta triángular con tres arcos apuntados de igual altura.
64.4. Planta, alzados y vista de bóveda sobre seis arcos apuntados iguales, compuesta a partir de la de rincón de claustro correspondiente a un exágono regular.



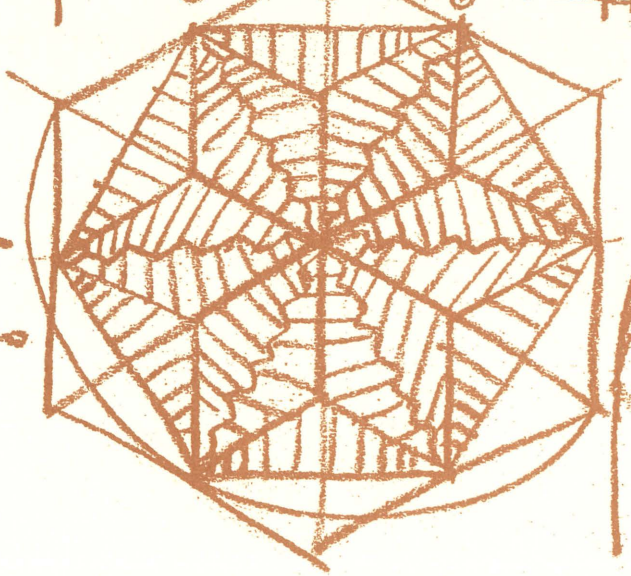
BÓVEDA POR RINCÓN EN PLANTA IRREGULAR

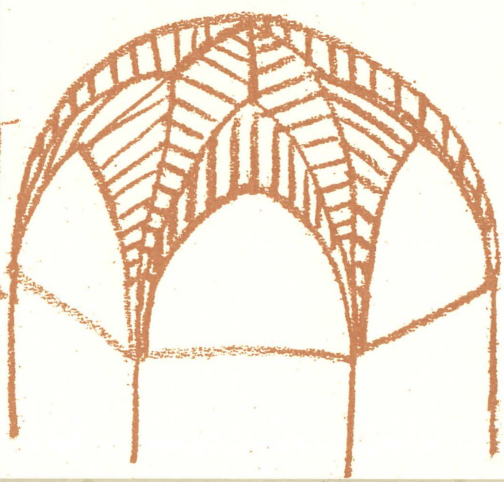


BÓVEDA POR RINCÓN SOBRE 4 ARCOS APUNTADOS



La bóveda por rincón es la correspondiente al cuadrado circunscrito





(fol. 65)

BÓVEDA POR ARISTA: Se apareja por planos normales a la arista.

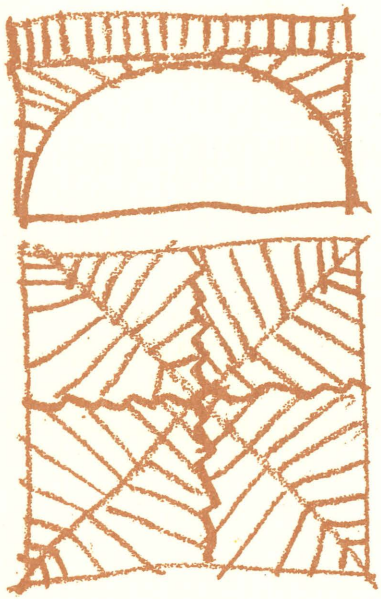
REFUERZO DE LA ARISTA

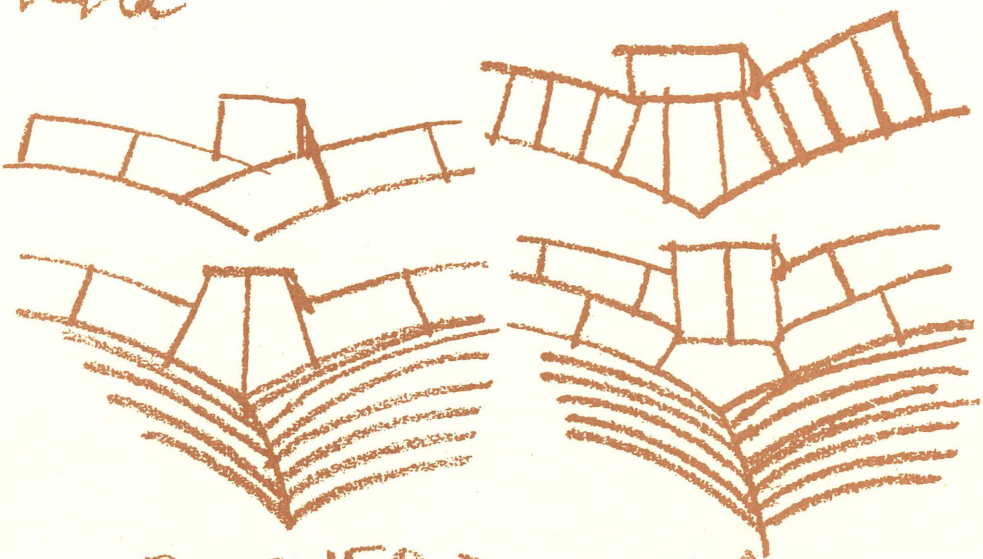
CRUCE DE GALERÍAS. Las caras laterales de la arista son alabeadas para recibir normalmente a la plementería.

BÓVEDA FORMADA POR SUPERFICIES CÓNICAS. Cuyo eje es perpendicular al plano de *(...)*

65.1. Planta y alzado de bóveda por arista sobre planta cuadrada, con indicación del aparejo.
65.2. Cuatro soluciones distintas para el refuerzo de la arista de una bóveda de ladrillo.
65.3. Detalle, en planta, de la trabazón de aparejos de ladrillo en la intersección de cilindros en una bóveda por arista.
65.4. Detalle de la arista de una bóveda de ladrillo, con indicación del alabeamiento de sus caras laterales.

BÓVEDA POR ARISTA: Se apoya por planos normales a la arista

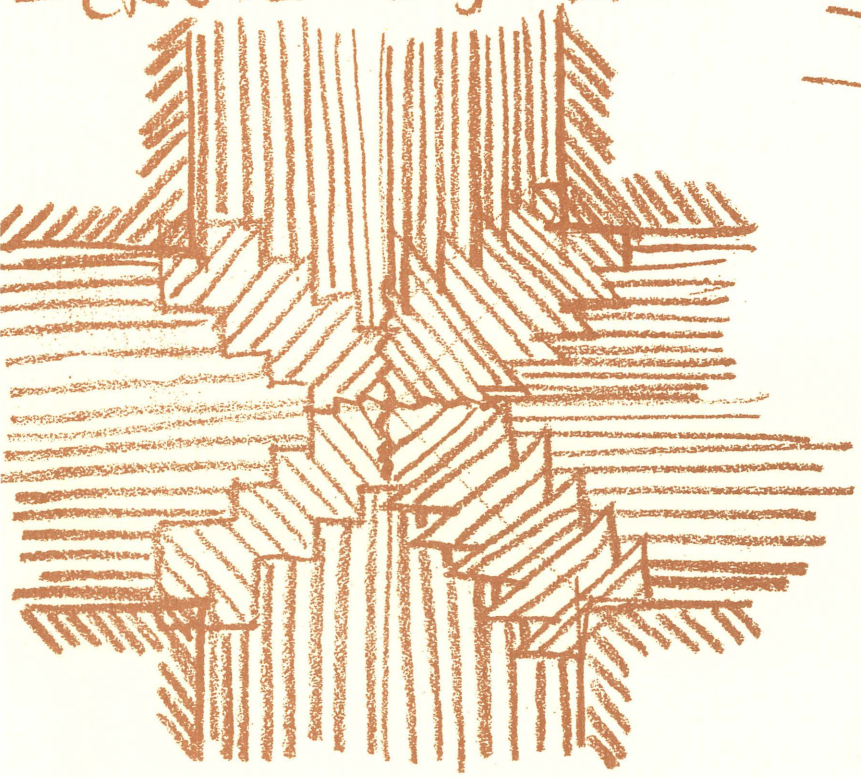


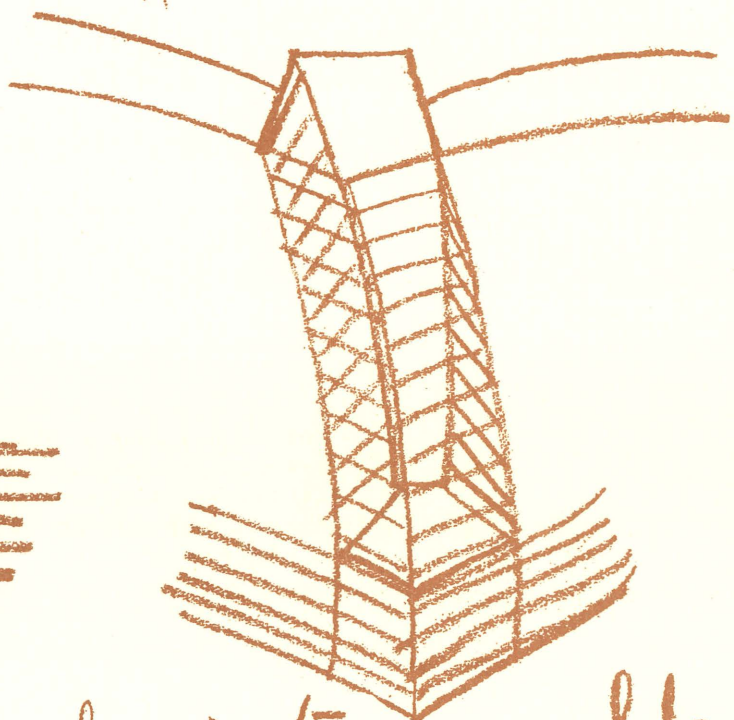


REFUERZO DE LA ARISTA

Los arcos laterales de

- CRUCE DE GALERÍAS -





la arista son deber-

des para recibir normalmente a la

plementería.

BÓVEDA FORMADA POR SUPERFICIES CÓNICAS

Cuyo eje es perpendicular al plano de

(fol. 66)

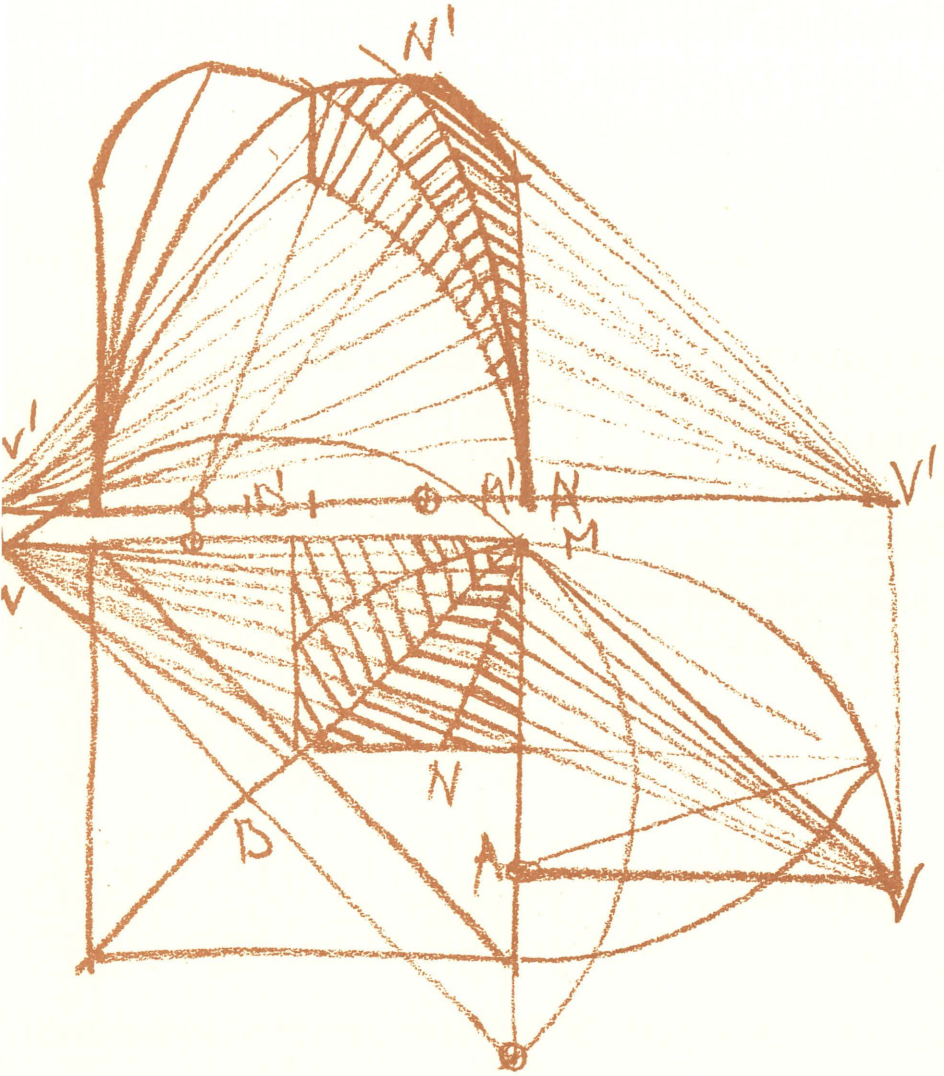
(...) cada arco, por su centro, como AV y BW. Las generatrices forman ángulos de 45º con el eje:

$\widehat{AVM} = 45º$
$\widehat{MWB} = 45º$.

Se cortan los dos conos según la curva alabeada MN. Las 2 diagonales son aristas salientes, y las demás, entrantes. Las generatrices de los conos de vértices V y W se cortan casi a ángulo recto.

Se puede cubrir con superficies cónicas, tomando como directrices de conos los arcos de cabeza, diagonales y ligaduras.

66.1. *Trazado generador, en planta y alzado, de bóveda sobre cuatro arcos apuntados, compuesta por superficies cónicas de eje ortogonal a cada arco.*
66.2. *Detalles de arista entrante y arista saliente en bóveda de ladrillo.*
66.3. *Esquema, en proyección horizontal, de bóveda de ligaduras (con indicación de los distintos plementos).*

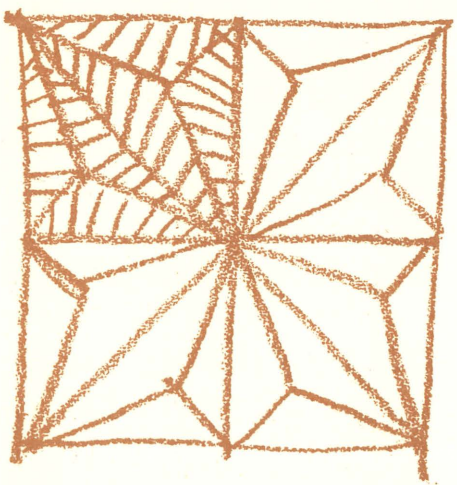


Cada arco, por su centro, como AV y BW. las generatrices forman ángulos de 45° con el eje:

$\widehat{AVM} = 45°$

$\widehat{MWB} = 45°$

Se entran los dos conos según la curva alabeada MN. Los 2 diagonales son aristas salientes, y los demás entrantes. La generatrices de los conos de vértices V y W se entran con a ángulo recto



Se puede cubrir con superficies cónicas, tomando como directrices de conos los arcos de cabeza, diagonales y ligaduras

(fol. 67)

PLEMENTERÍA DE TÉMPANOS ESFÉRICOS: O es centro de la esfera que corta ABC, intersección de las perpendiculares por P y Q, centros de BM y BN.

Aparejo por planos normales al arco diagonal.

Por planos verticales: *(fig. 67.3)*.

Por planos normales al arco de cabeza: *(fig. 67.4)*.

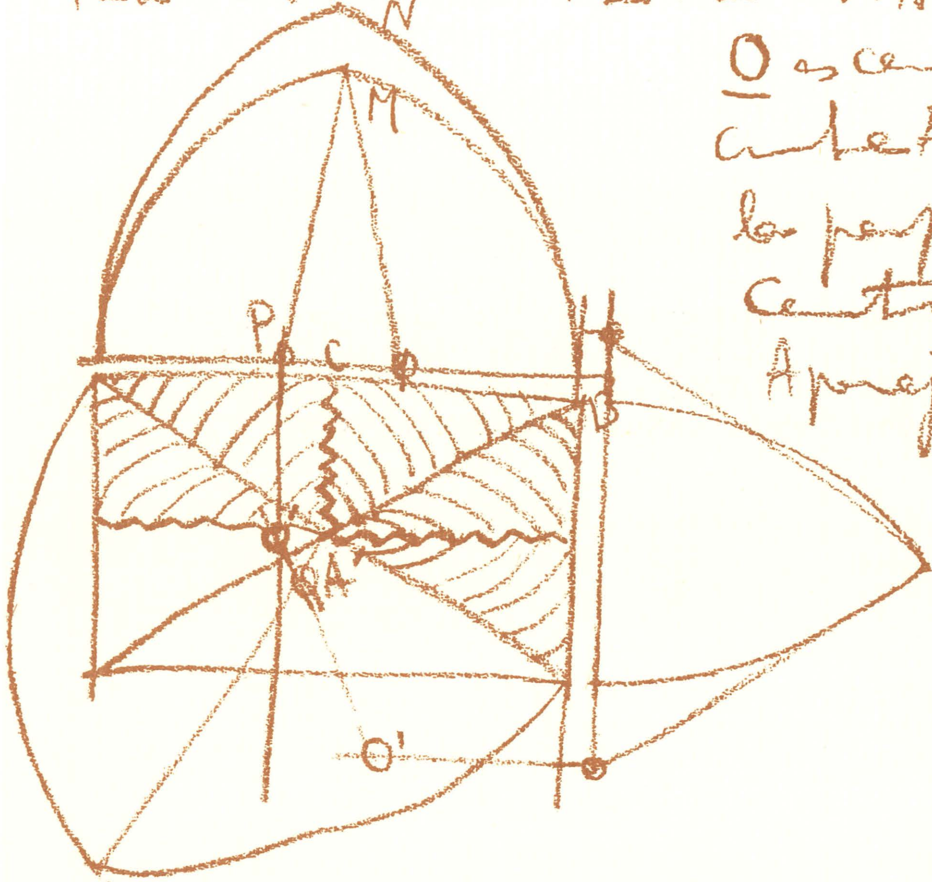
CONTRARRESTOS: Son una continuación de la bóveda hasta el suelo, pero entonces no concuerdan sus hiladas. *(...)*

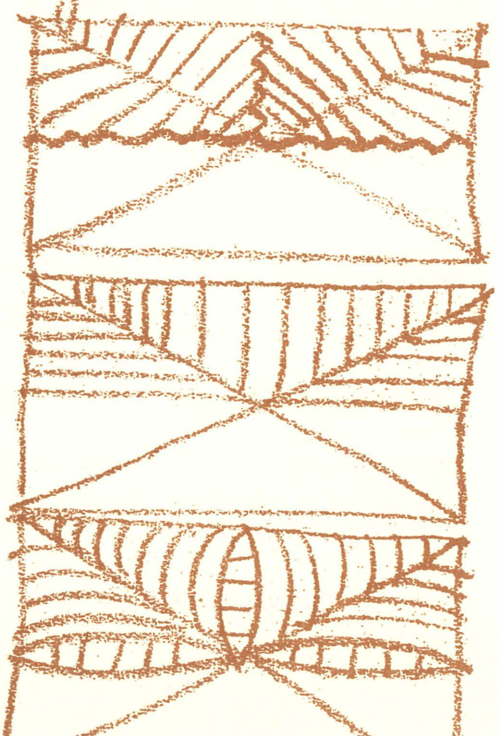
67.1. Trazado en planta, alzados y sección diagonal, de bóveda por arista sobre cuatro arcos apuntados y plementos esféricos.
67.2. Esquema, en planta, de bóveda por arista de plementos esféricos, con indicación del aparejo por planos normales a la diagonal.
67.3. Idem, con indicación del aparejo por planos verticales.
67.4. Idem, con indicación del aparejo por planos normales al arco de cabeza.
67.5. Esquema del empuje de una bóveda hasta el suelo.
67.6. Esquema del contrarresto de una bóveda con macizo de hiladas horizontales.

PLEMENTERIA DE TEMPANOS ESFERICOS:

O es centro de la esfera que contiene ADC, intersección de las perpendiculares por P y Q centros de BM y BN

Aparejo por planos normales al arco diagonal



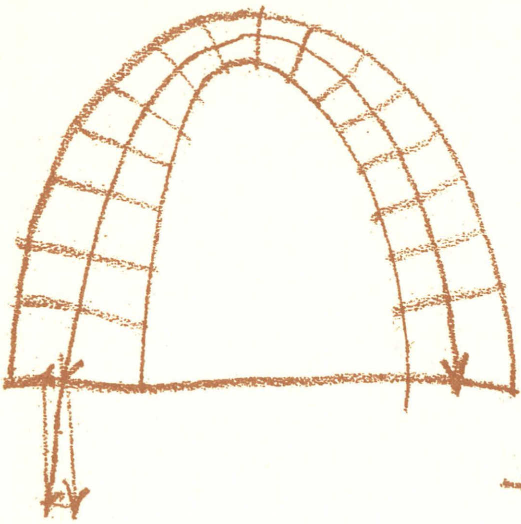


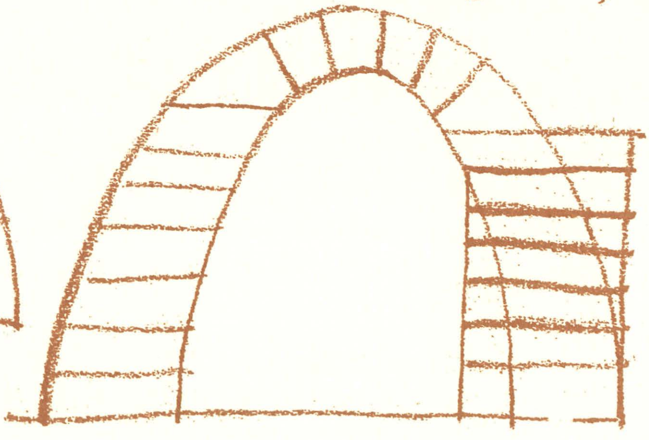
Por planos verticales:

Por planos normales al arco de cabeza:

CONTRARRESTOS:

Son la continuación de la bóveda hasta el suelo pero entonces no concuerdan sus hiladas



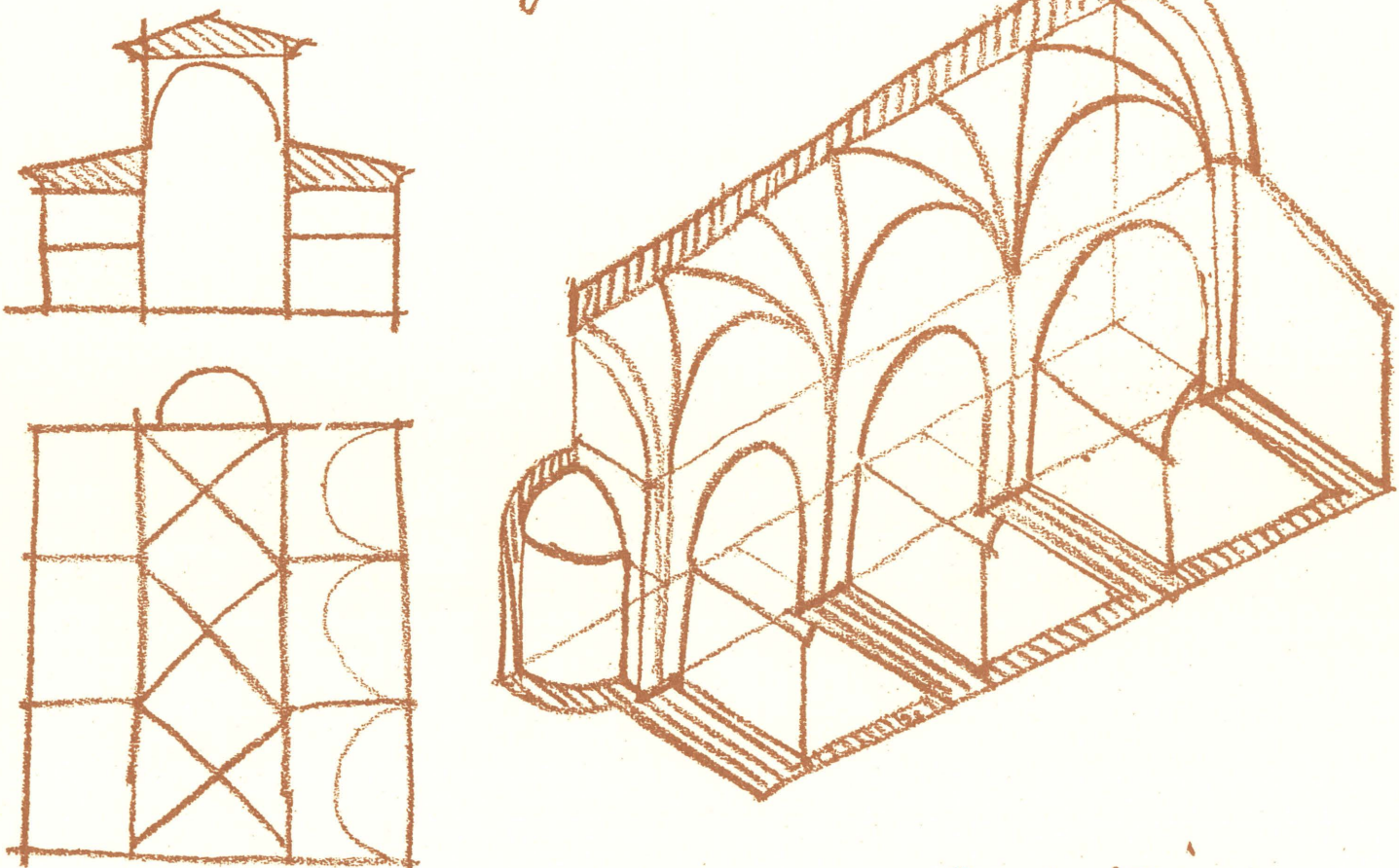


(fol. 68)

(...) inclinadas con el resto de la construcción y los paramentos curvos son incómodos. Se evita de 2 modos: 1) Procedimiento romano: Con macizos grandes, en que se contienen los empujes difusos, y sin manifestarse la estructura al exterior. A veces hay muros normales a las bóvedas, pero no salen del perímetro del edificio: BASÍLICA DE CONSTANTINO.

68.1. Planta y sección transversal de la basílica de Constantino.
68.2. Axonometría seccionada de la basílica de Constantino.

inclinadas con el resto de la construcción y los paramentos curvos son incómodos. Se evita de 2 modos: 1) Procedimiento Romano: Con macizos grandes, en que se contienen los empujes difusos, y sin manifestarse la estructura al exterior. A veces hay muros normales a las bóvedas, pero no salen del perímetro del edificio:



BASÍLICA DE CONSTANTINO

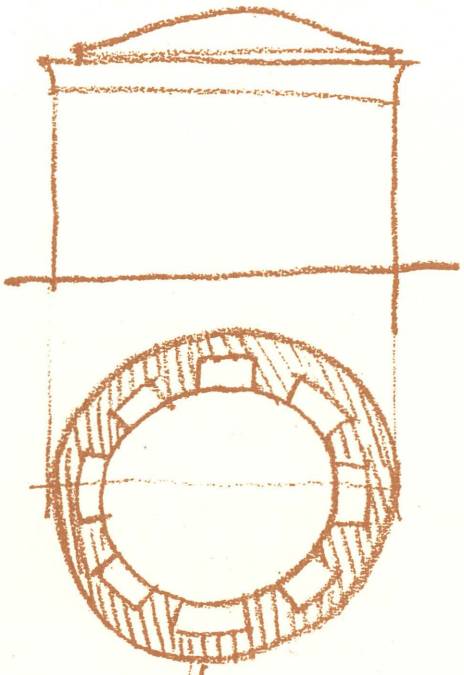
(fol. 69)

PANTEÓN DE AGRIPA*
MINERVA MÉDICA EN ROMA
SANTA SOFÍA**

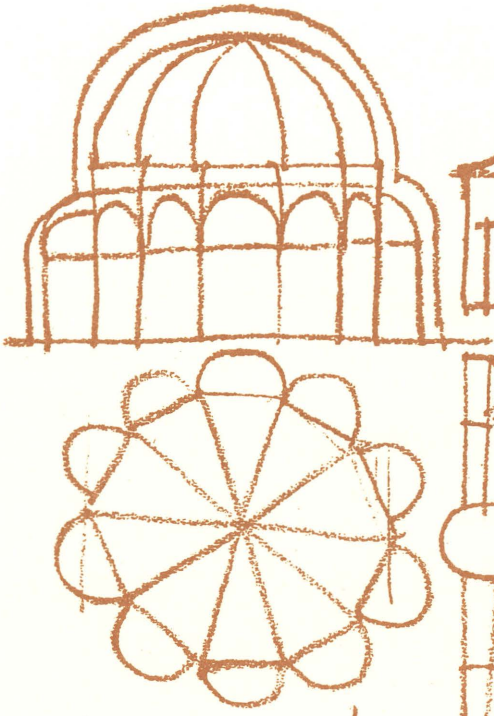
69.1. Esquema, en planta y alzado, del sistema de contrarrestos del Panteón de Agripa.
69.2. dem del templo de Minerva Médica en Roma.
69.3. dem de Santa Sofía de Constantinopla.
69.4. Esquema, en axonometría, del sistema de contrarrestos de Santa Sofía de Constantinopla.
69.5. Esquema, en planta y axonometría, del sistema de contrarrestos, de influencia bizantina, aplicado en San Marcos de Venecia y Saint-Front de Pèrigueux.

---

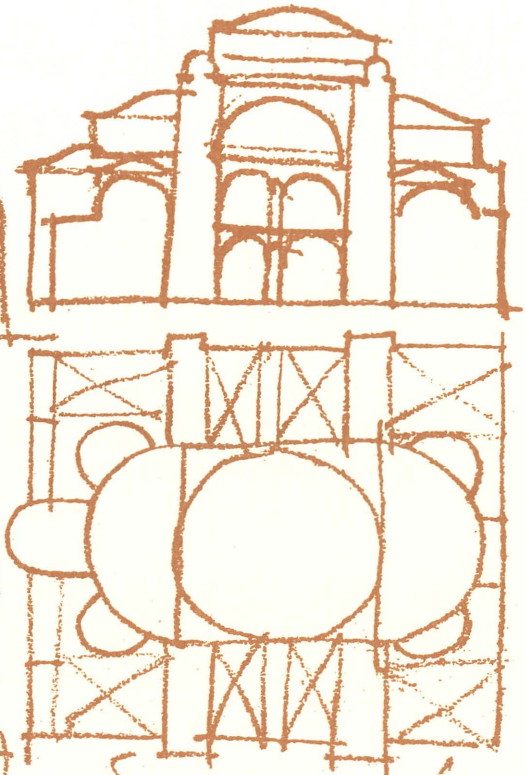
* *Cfr.* fols. 12, 13.
** *Cfr.* fols. 17, 36.



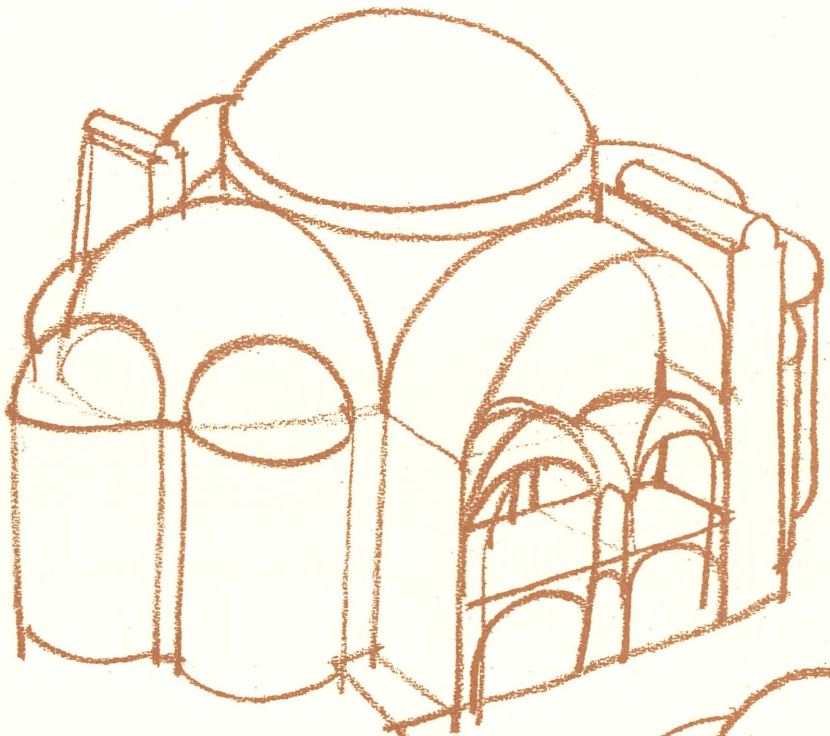
PANTEÓN DE AGRIPA

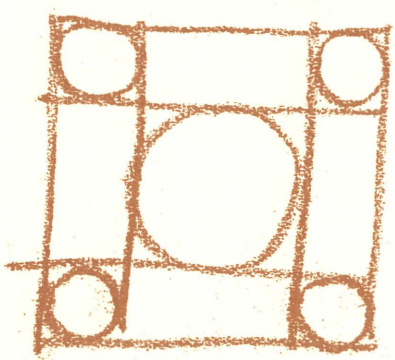


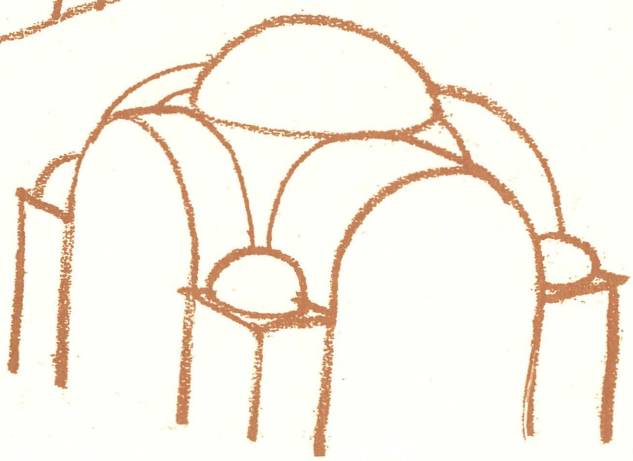
MINERVA MÉDICA EN ROMA



SANTA SOFÍA







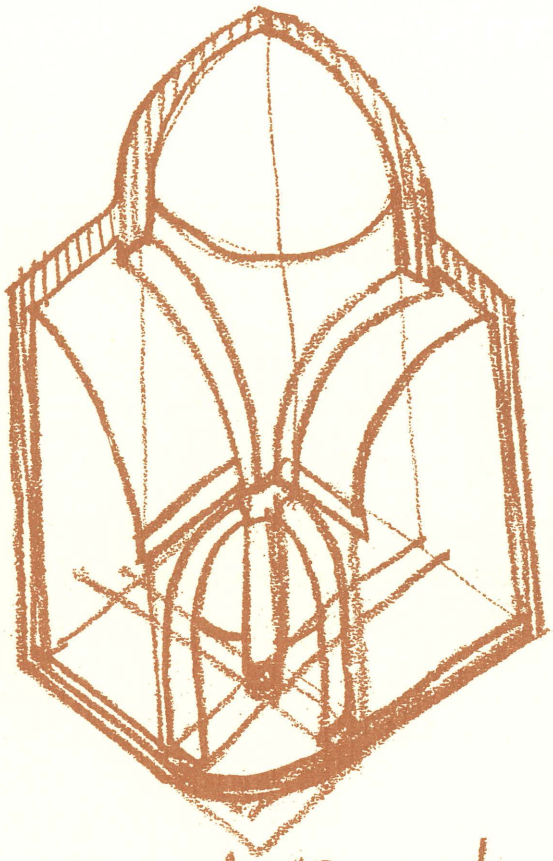
(fol. 70)

Saint Front de Perigueux - 984*
SAN MARCOS DE VENECIA. Año 977**
PANTEÓN DE PARÍS***

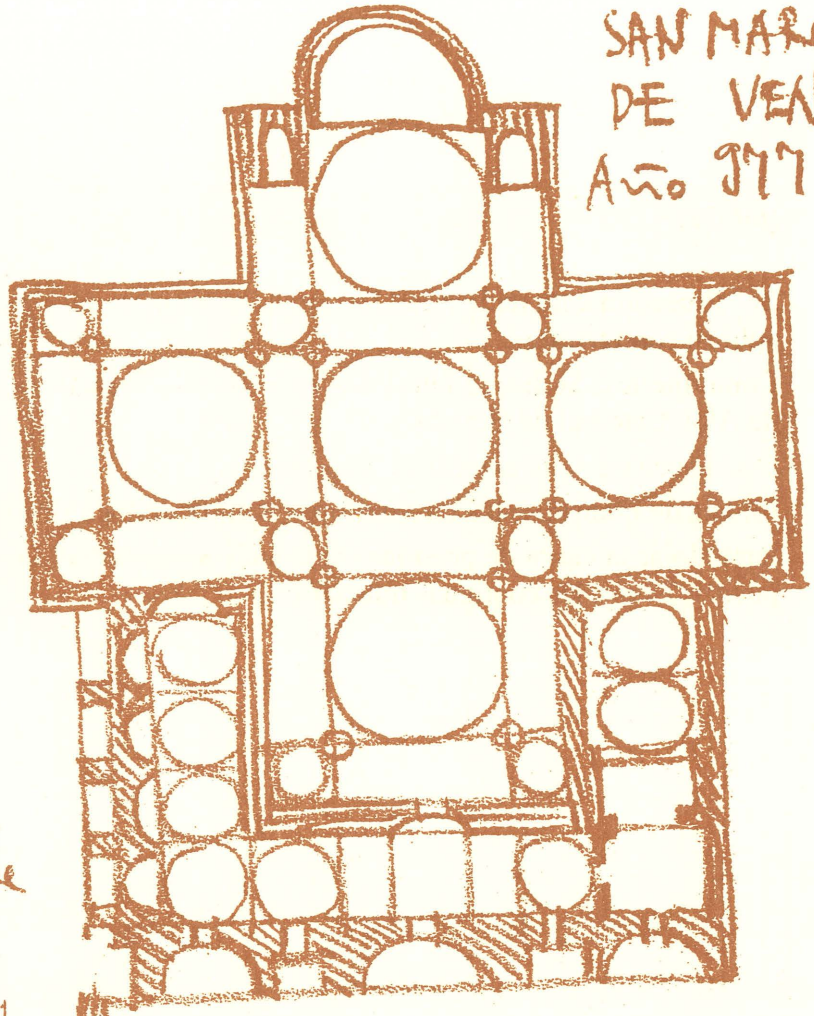
70.1. Axonometría seccionada de la iglesia de Saint-Front de Pèrigueux.
70.2. Planta de la iglesia de San Marcos de Venecia.
70.3. Planta del Panteón de París.

---

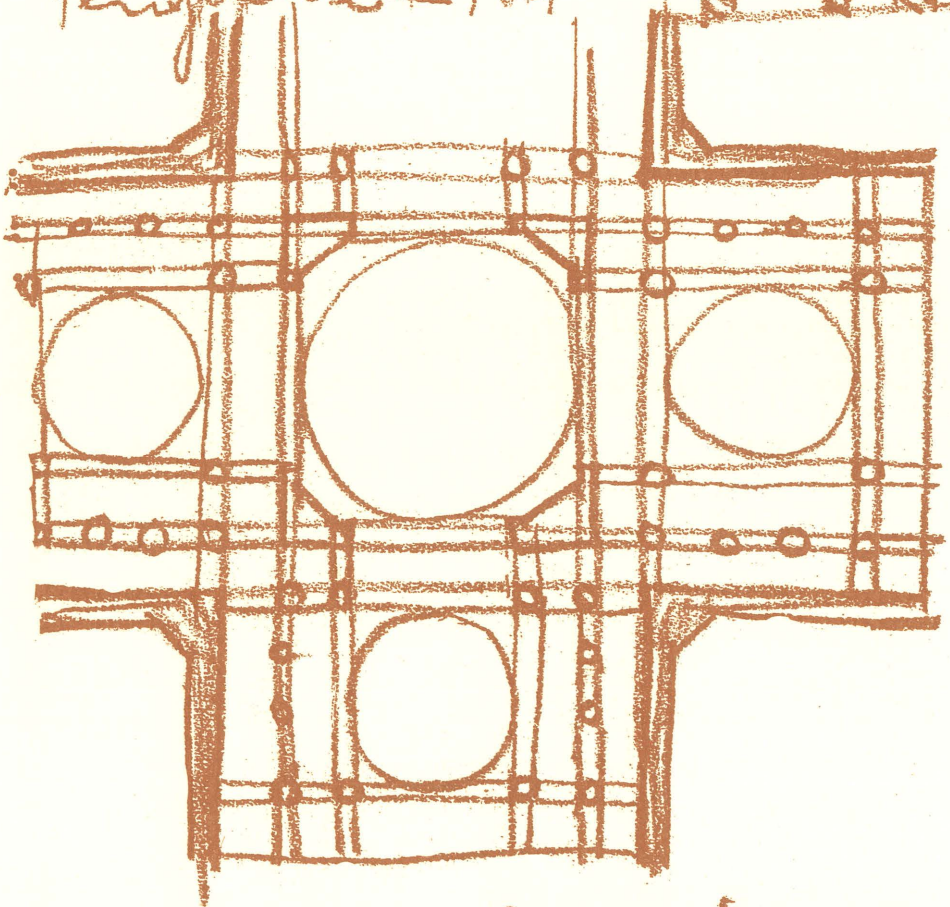
* *Cfr.* fol. 37.
** *Cfr.* fol. 22.
*** *Cfr.* fols. 52 y 53.



SAN MARCOS
DE VENECIA
Año 977



Saint Front de
Perigueux - 984



PANTEON DE PARIS

(fol. 71)

2) * Procedimiento de la Edad Media: Los empujes van a puntos determinados, en los que se aplican contrarrestos.

Contrafuertes: Se hacen interiores en el Sur de Francia, por la influencia romana. Catedral de Albi. Catedral de Gerona.

O se hacen en parte exteriores. Soissons.

En Isla de Francia se hacen exteriores. Santa Capilla de París.

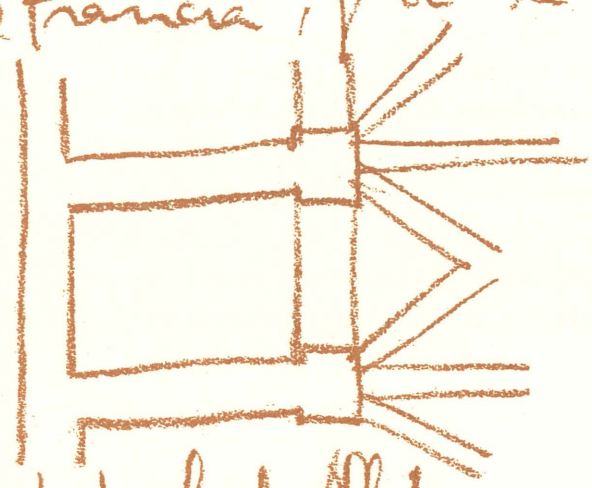
Para alojar la curva de presiones conviene aumentar la longitud del contrafuerte, pero como pueden 2 bóvedas contiguas trabajar *(...)*

71.1. Detalle, en planta, de los contrafuertes empotrados de la catedral de Albi.
71.2. Idem de los contrafuertes empotrados de la catedral de Gerona.
71.3. Idem de contrafuerte semiempotrado de la catedral de Soissons.
71.4. Idem de contrafuerte exterior de la Santa Capilla de París.
71.5. Planta y sección de contrafuerte, con indicación de su canto para alojar el empuje resultante de dos bóvedas iguales.

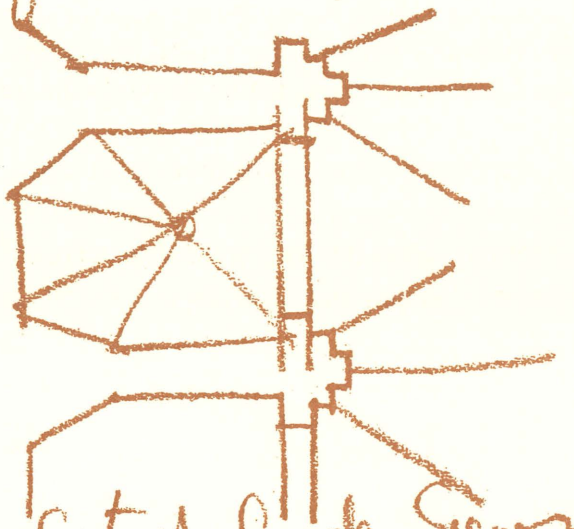
* Corresponde a la clasificación del fol. 68.

3/ Procedimiento de la Edad Media. Los empujes van a puntos determinados, en los que se aplican contrarrestos.

Contrafuertes: se hacen interiores en el Sur de Francia, por la influencia romana



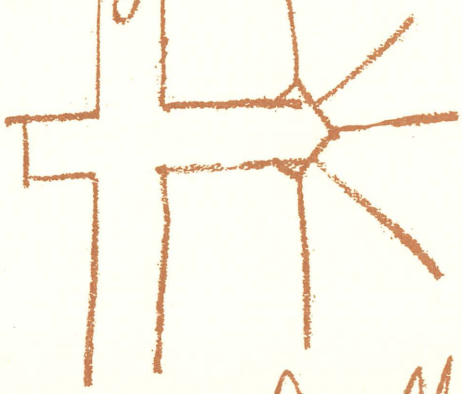
Catedral de Albi



Catedral de Gerona

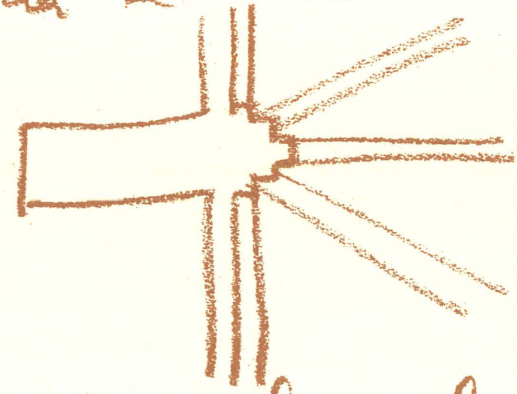
O se hacen en parte exteriores

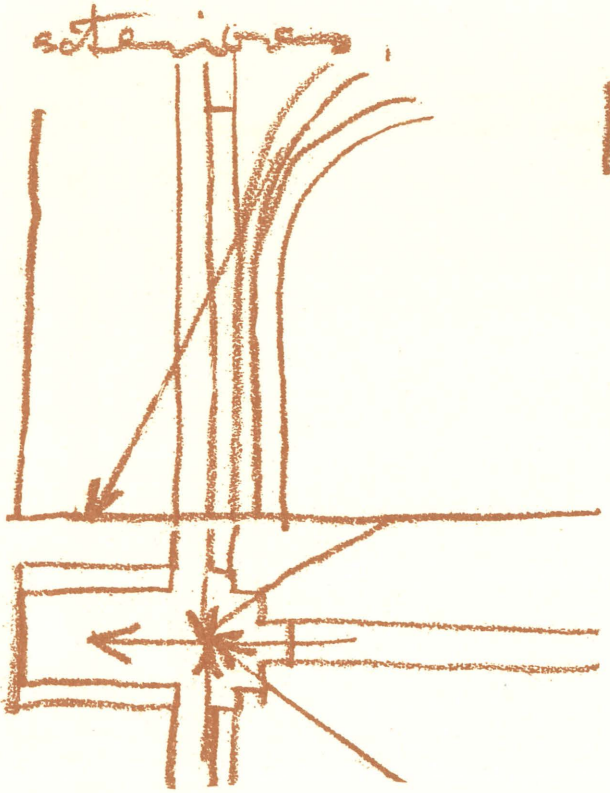
Soissons



Santa Capilla de París

En Isla de Francia se hacen exteriores.





Para alojar la curva de presiones conviene aumentar la longitud del contrafuerte pero como pueden 2 bóvedas contiguas trabajar

(fol. 72)

(...) de modo desigual puede el empuje salir del plano normal, por lo *(que)* se deben hacer gruesos. Además, deben tener estabilidad propia. a y b se determinan por la altura de las bóvedas. La sección se determina de modo que resista a compresión la resultante de las presiones.

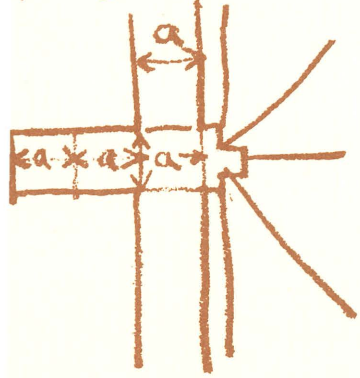
Si los contrafuertes van muy próximos, se estrechan cerca del muro. Se producen ángulos agudos.

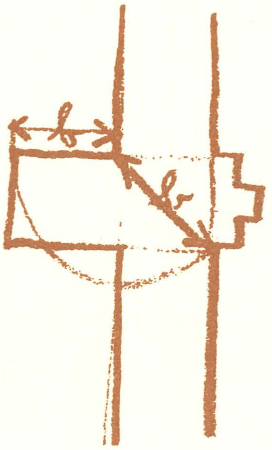
Estas 2 formas saltan por su ángulo si se acerca al borde la línea de presiones.

Suele hacerse rectangular, 2 veces ó 2 1/2 el largo en relación al ancho, ensanchados por abajo.

72.1. Esquemas, en planta, de las proporciones de dos contrafuertes.
72.2. Detalle, en planta, de dos contrafuertes muy próximos, indicando su estrechamiento hacia la pared para la apertura de vanos.
72.3. Planta de contrafuerte con molduras en los vértices.
72.4. Detalle de contrafuerte con su extremo abiselado respecto a la pared.
72.5. Alzado y planta del retallo de un contrafuerte en su base.

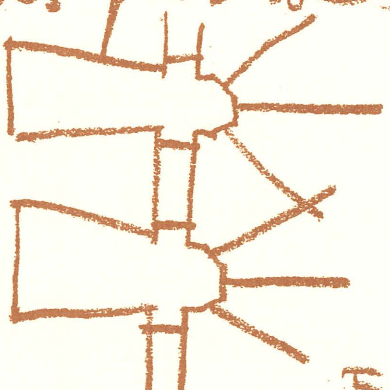
de modo desigual puede el empuje salir del plano normal, por lo que se deben hacer gruesos. Además, deben tener estabilidad propia



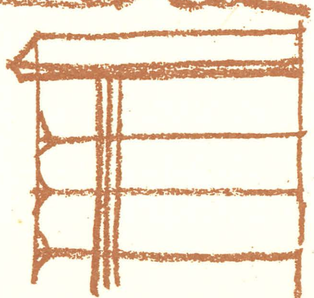


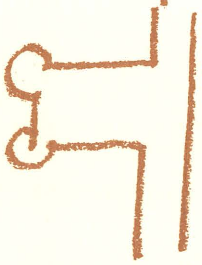
a y b se determinan por la altura de las jornadas

La sección se determina de modo que resista a compresión la resultante de los empujes

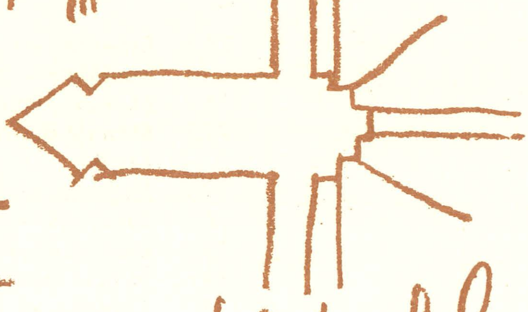


Si los contrafuertes van muy próximos, se estrecha cerca del muro. Se producen ángulos agudos

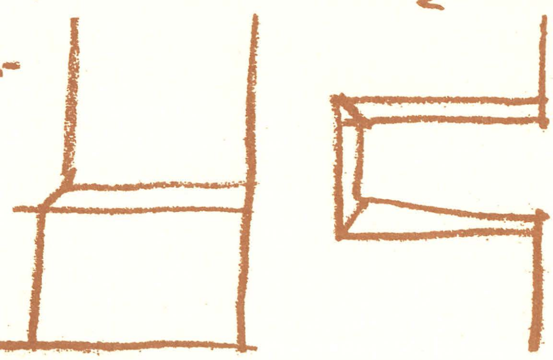




Estas 2 formas salvan por su ángulo si se acerca al borde la línea de presiones



Suele hacerse rectangular, 2 veces ó $2\frac{1}{2}$ el largo en relación al ancho, ensanchados por abajo

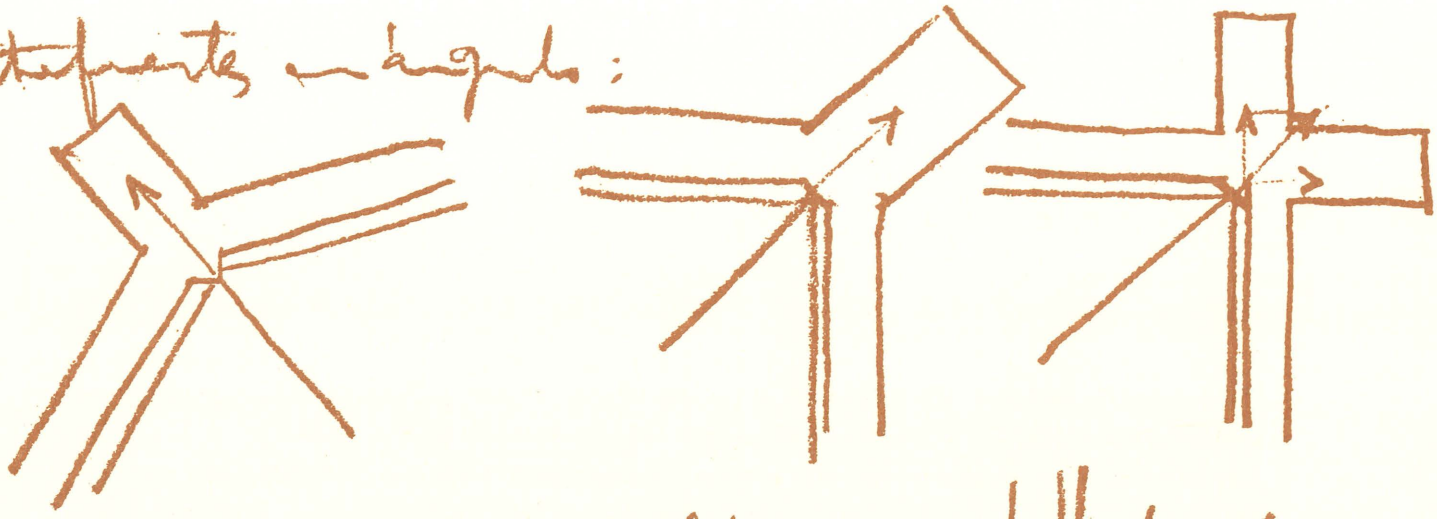


(fol. 73)

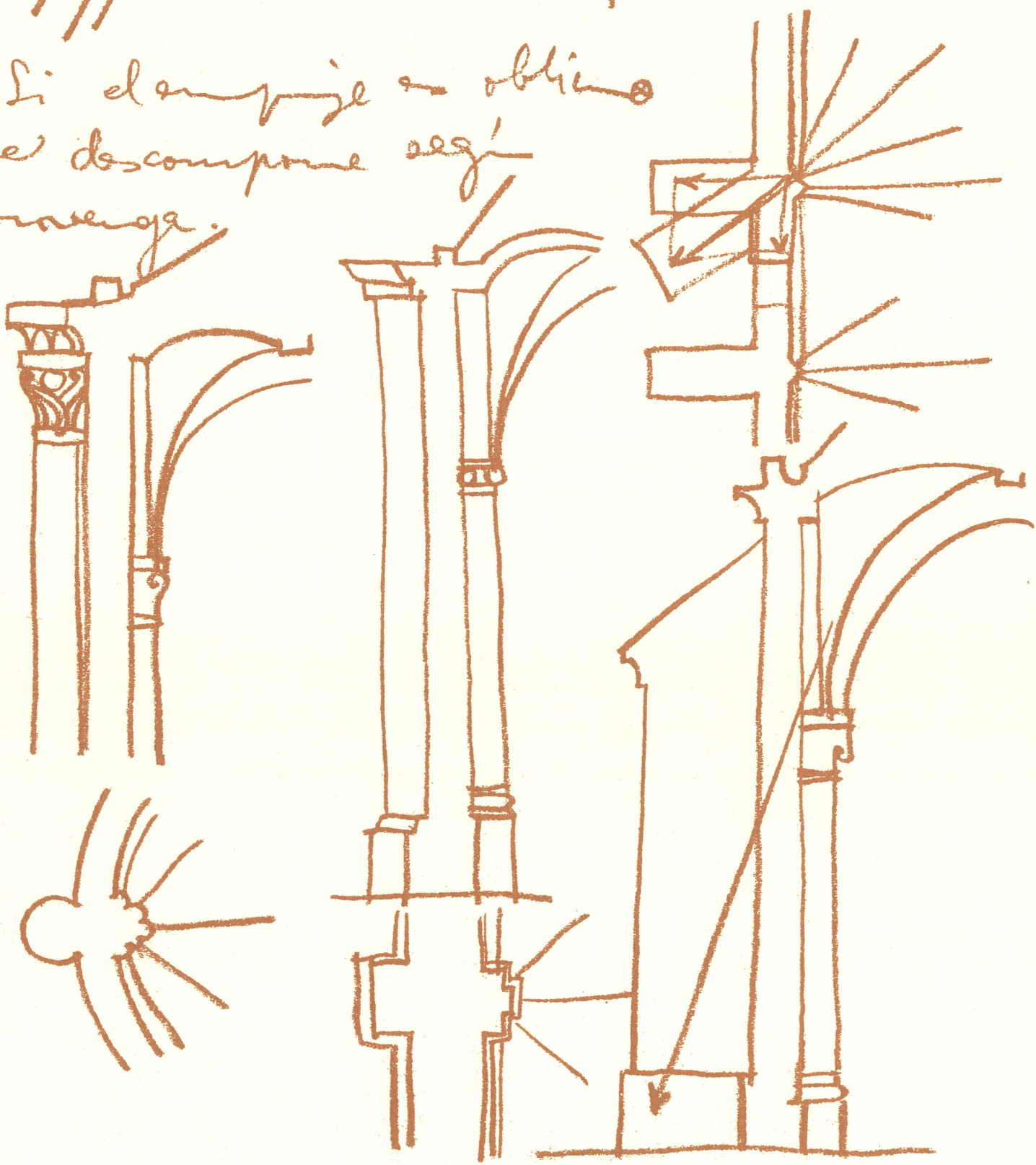
Contrafuertes en ángulo: *(figs. 73.1, 73.2 y 73.3).*
Si el empuje es oblícuo se descompone según convenga.

73.1. Esquema, en planta, de contrafuerte en ángulo obtuso dispuesto según el empuje resultante.
73.2. Idem de contrafuerte en ángulo recto dispuesto según el empuje resultante.
73.3. Idem de dos contrafuertes en ángulo recto dispuestos según los dos empujes componentes.
73.4. Esquema, en planta, de contrafuerte con empujes oblícuos y su descomposición en dos componentes.
73.5. Detalle, en planta y sección, de contrafuerte en forma de columna.
73.6. Idem de contrafuerte apilastrado.
73.7. Esquema, en sección, del empuje de una bóveda recibido por el contrafuerte.

Contrafuerte en ángulo:



Si el empuje no obliga se descompone según convenga.

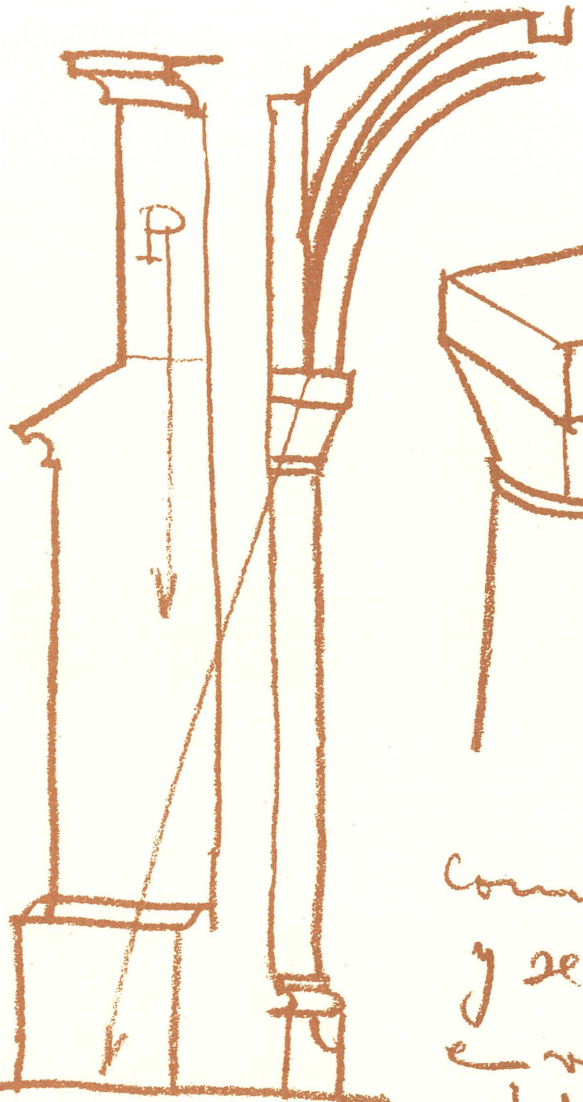


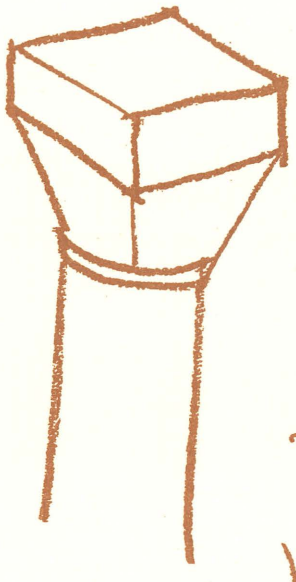
(fol. 74)

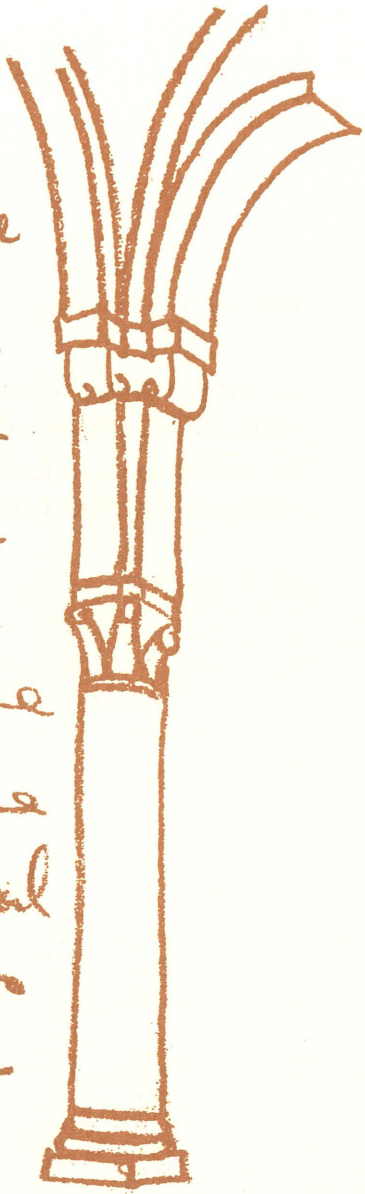
Para bajar el punto de aplicación de la resultante, se construye el trozo P, que produce una componente vertical y se hacen los arcos en voladizo sobre un ábaco fuerte.

Las secciones serán suficientes para resistir a compresión. Para que no sobre piedra se hace escalonado el contrafuerte, respetando la envolvente que hace que R no salga del tercio medio. Conviene aumentar la sección porque trabajan más los contrafuertes del lado opuesto de donde sopla el viento.

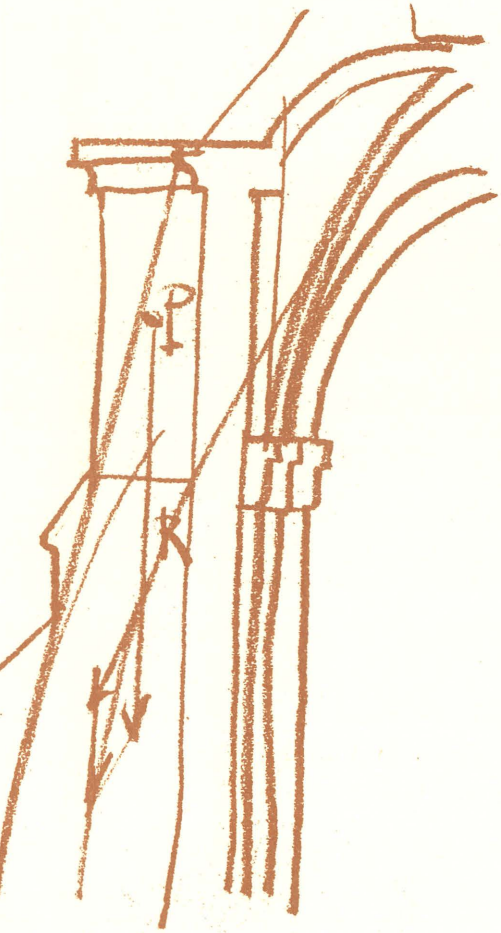
74.1. Alzado de contrafuerte de nave abovedada, con indicación de la composición del empuje de la bóveda con la carga centradora del mismo.
74.2. Detalle de capitel, con ábaco suficiente para recoger los arcos de las bóvedas.
74.3. Detalle del apoyo, mediante modillones, de los arcos de una bóveda en una columna.
74.4. Detalle, en alzado, de contrafuerte de nave abovedada, con indicación de la composición del empuje de la bóveda con la carga centradora del mismo.







Para bajar el punto de aplicación de la resultante, se contrae el trazo P, que produce un momento vertical y se hace bascular alrededor del lado frente



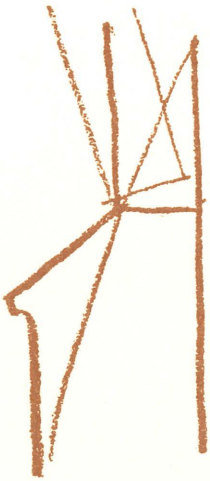
Las secciones serán suficientes para resistir esa ~~presión~~. Pero que no sobre piedra se hace redondeado el contrafuerte respetando la envolvente que hace que R no salga del tercio medio. Conviene aumentar la sección porque trabaja más los contrafuertes del lado opuesto de donde sopla el viento

(fol. 75)

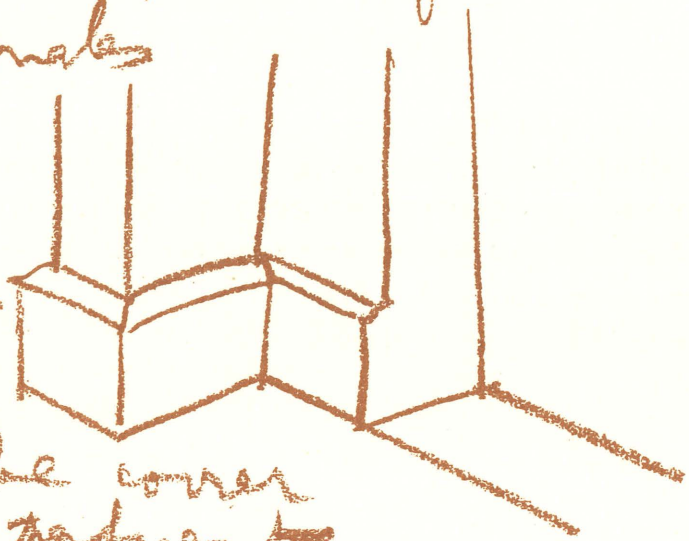
Los retallos bruscos son posibles juntas de fractura. Hacen mal efecto si son iguales. El resalto de la parte baja del muro debe correr sobre el contrafuerte.

Del primer tercio a la cornisa no suele haber estrechamiento. El peso del remate disminuye el empuje. En el centro habrá un trozo grande sin retallos.

75.1. Detalle del retallo en un contrafuerte con posibilidad de vuelco por la disposición de la junta.
75.2. Detalle del retallo del muro abrazando el contrafuerte.
75.3. Perfil de sucesivos retallos, iguales entre sí, de un contrafuerte.
75.4. Sección transversal del cerramiento de una nave abovedada, con indicación de la composición de empujes en el contrafuerte y planta del mismo.
75.5. Detalle del remate de un contrafuerte y planta del mismo.

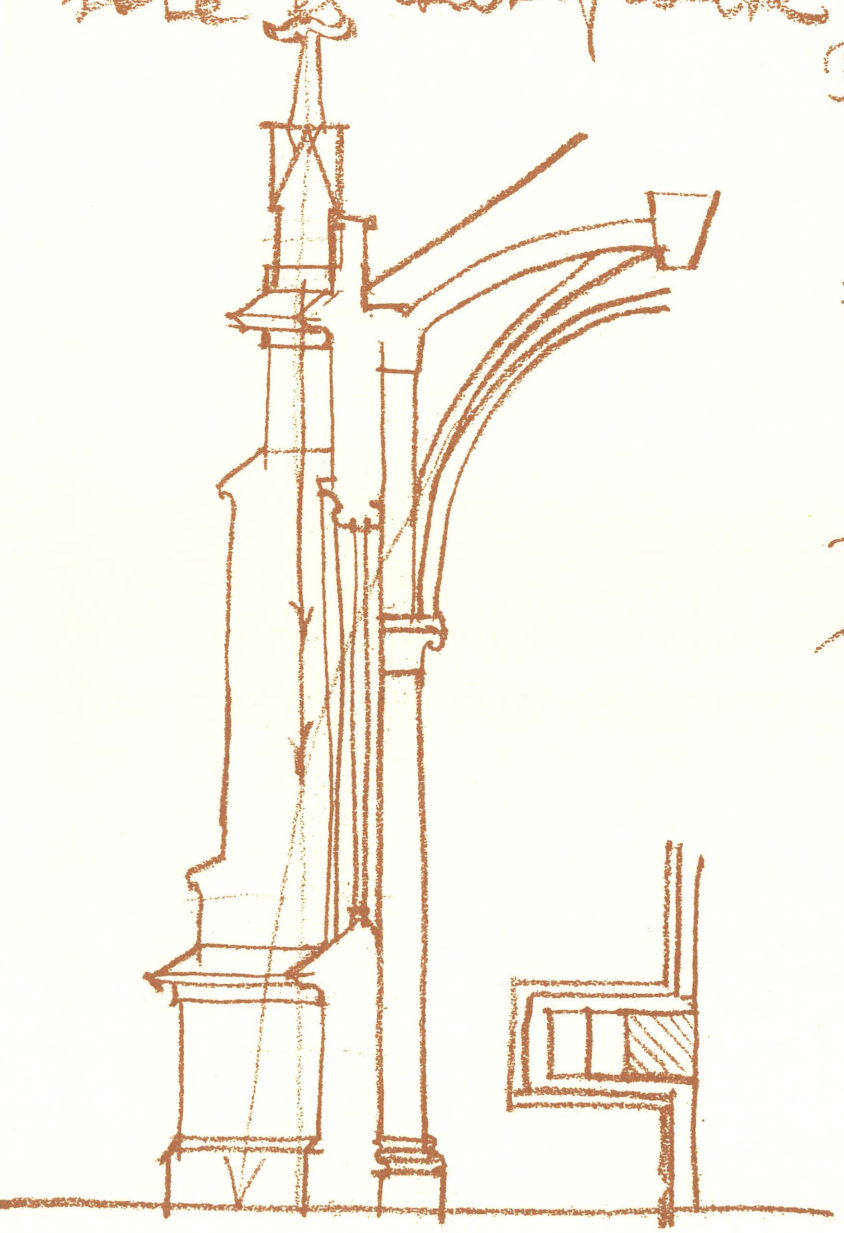


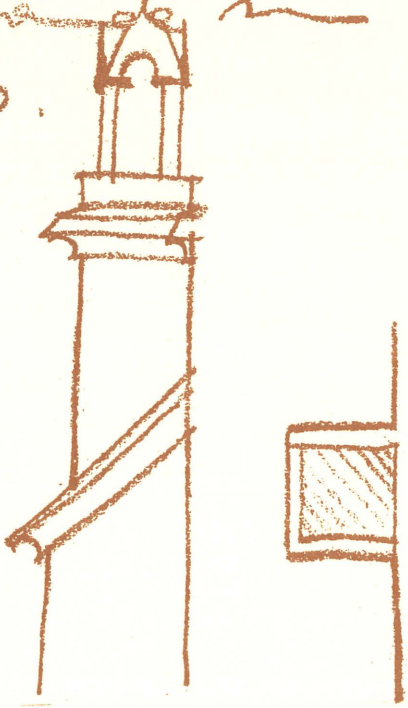
Los retallos lisos son posibles puntos de fractura
Hacen mal efecto si son iguales



El resalto de la parte baja del muro debe cubrir sobre el contrafuerte

Del cimentación a la cornisa no suele haber retacamiento
El peso del remate disminuye el empuje
En el contrafuerte bajo grande sin retallos.





(fol. 76)

RETALLOS: *(figs. 76.1, 76.2 y 76.3).*

En Ntra. Sra. de París hay sillares mayores en la parte que aloja la curva de presiones.

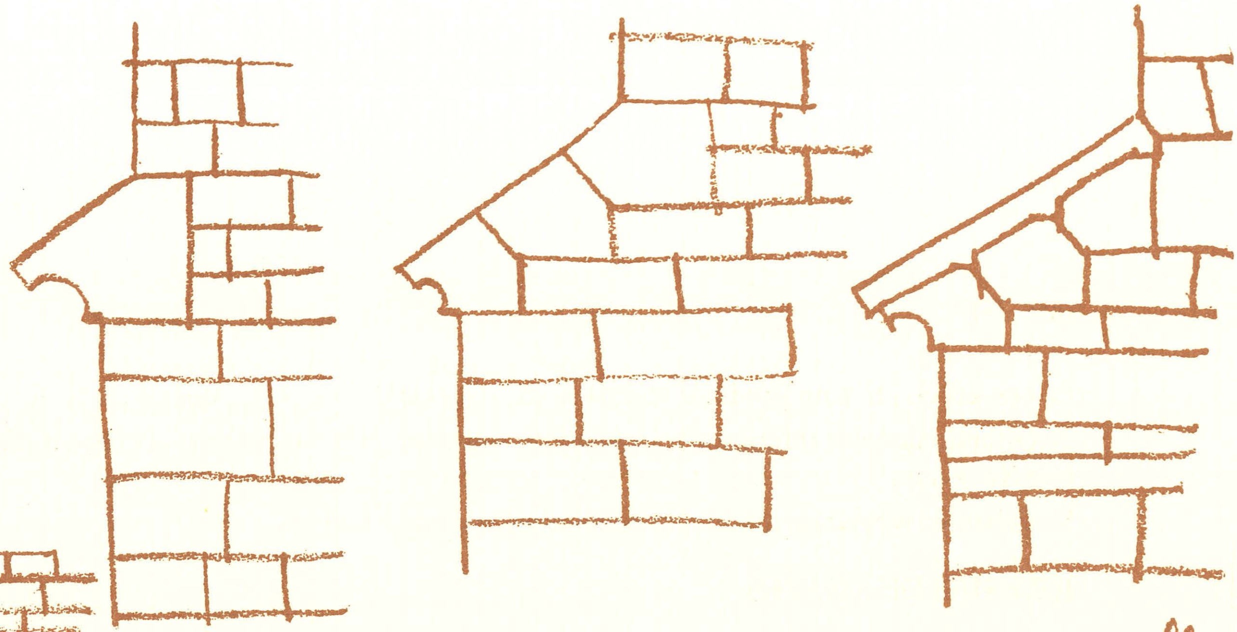
HUECOS DE PASO EN LOS CONTRAFUERTES: Se descompone la curva de presiones en dos. Puede producirse la caída del contrafuerte de 3 maneras:

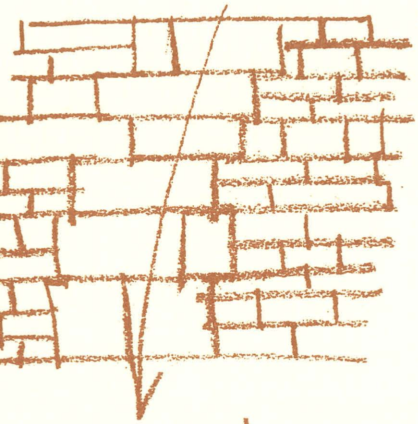
1) Todo entero, girando alrededor de A, si PD < F.d *(fig. 77.1).*

2) Si un retallo está mal hecho, cuando el empuje *(...)*

76.1. Perfil de retallo constituído por un solo sillar.
76.2. Idem por tres sillares.
76.3. Idem por tres sillares cubiertos con losa.
76.4. Detalle, en alzado, de muro con cadena de sillares mayores según la línea de empujes.
76.5. Sección transversal del cerramiento de una nave abovedada, con indicación de la línea de empujes en el contrafuerte, descompuesta en dos por la apertura de un vano en el mismo.
76.6. Detalle de la apertura de un vano en un contrafuerte, con cotas e indicación de la descomposición de los empujes.

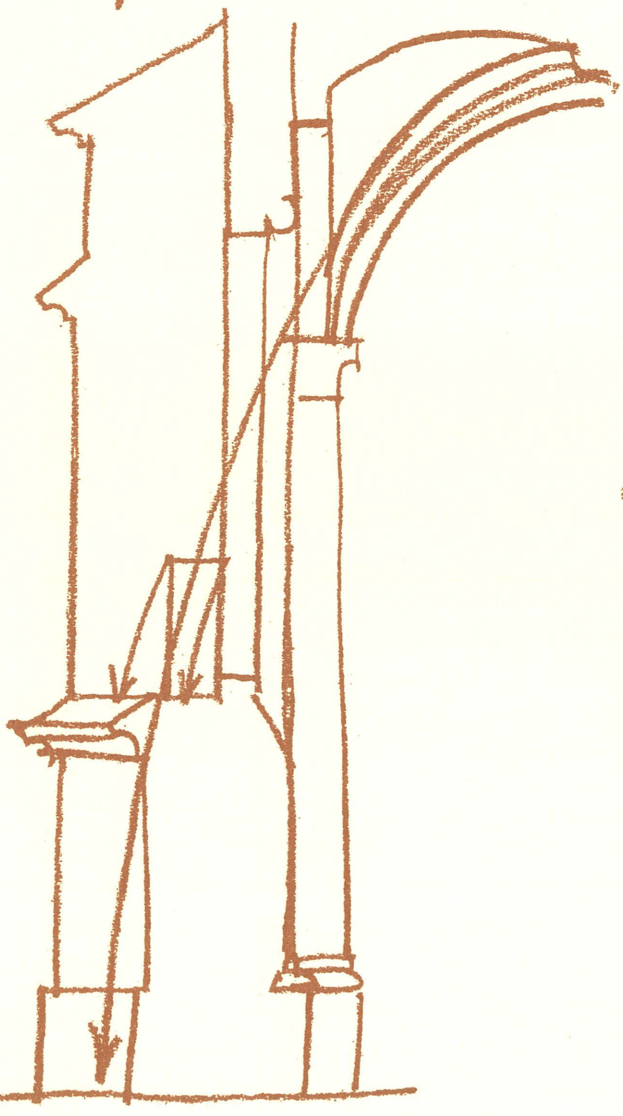
RETALLOS



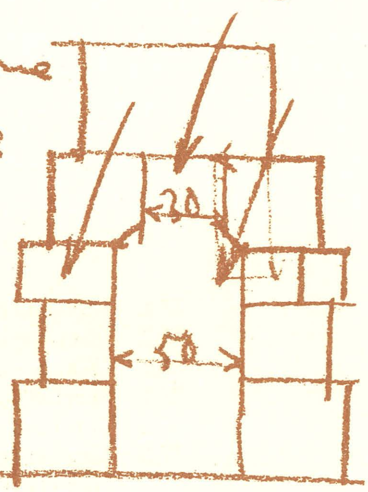


En Nta Sra de París, hay sillares mayores en la parte que aloja la curva de presiones

HUECOS DE PASO EN LOS CONTRAFUERTES:



Se descompone la curva de presiones en dos.



Puede producirse la caída del contrafuerte de 3 maneras:

1) Todo entero, girando alrededor de A si P.D < F.d

2) Si un retallo está mal hecho, cuando el empuje

(fol. 77)

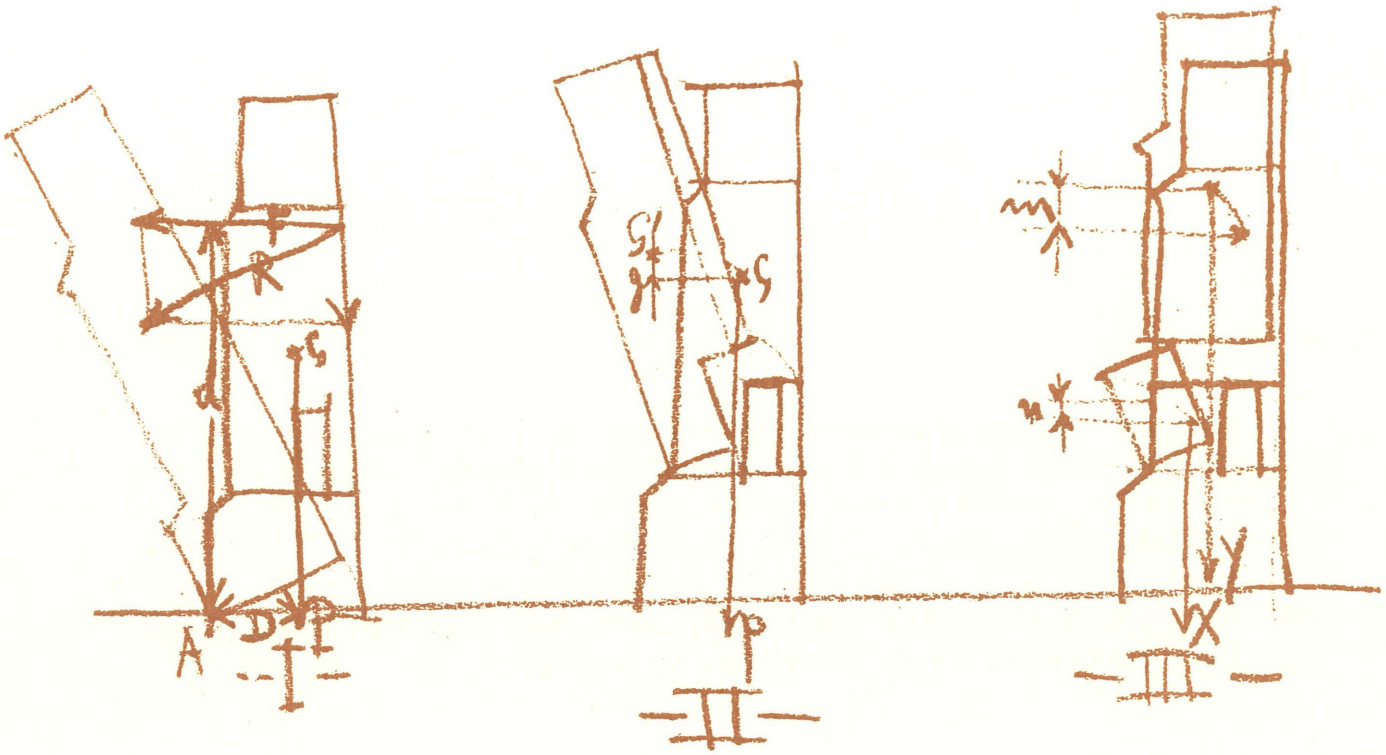
(...) es suficiente para producir el trabajo de levantar P, de G a G´, que es p x G´g.

3) Girando la parte inferior y levantando la superior, si el empuje produce un trabajo mayor que Xn + Ym.

Se deben proyectar de modo que puedan resistir estos 3 casos.

IGLESIAS DE 3 NAVES

77.1. Esquema de vuelco de un contrafuerte según la hipótesis 1 del texto: "I".
77.2. Idem según la hipótesis 2 del texto: "II".
77.3. Idem según la hipótesis 3 del texto: "III".
77.4. Sección transversal de dos naves abovedadas contiguas e iguales, con indicación de la resultante de los empujes centrada sobre una columnna.
77.5. Sección transversal de dos naves abovedadas contiguas y de distinta altura, con indicación de la resultante de los empujes descentrada sobre una columnna, e incorporación de peso de contrarresto en la bóveda menor.

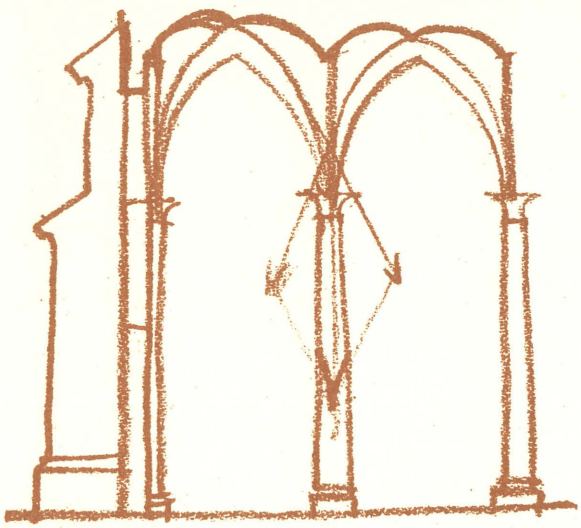


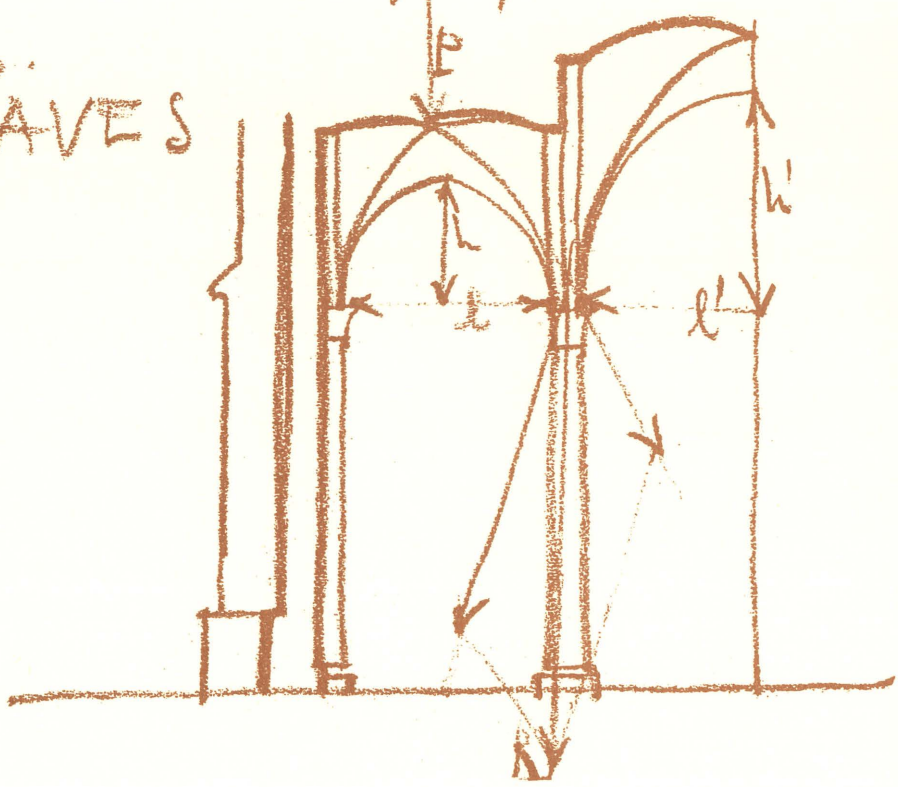
es suficiente para producir el trabajo de levantar p, de G a g, que es $p \times \overline{Gg}$

3) Girando la parte inferior y levantando la superior, si el empuje produce un trabajo mayor que $Xn + Ym$

Se debe proyectar de modo que pueda resistir estos 3 casos.

IGLESIAS DE 3 NAVES





(fol. 78)

Si son iguales, las resultantes intermedias son verticales *(fig. 77.4)*. Si no lo son y h/h´= l/l´, la resultante cae en la columna. Si h´ es menor, aumenta el empuje. Para que la resultante caiga en el pilar, se aumenta el empuje de la nave menor, dando más grueso a arcos y plementería, o aplicando un peso P en la clave, que se rellena de plomo *(fig. 77.5)* . O se hace más rebajada la nave menor. Aumenta el contrafuerte (Catedral de Milán).

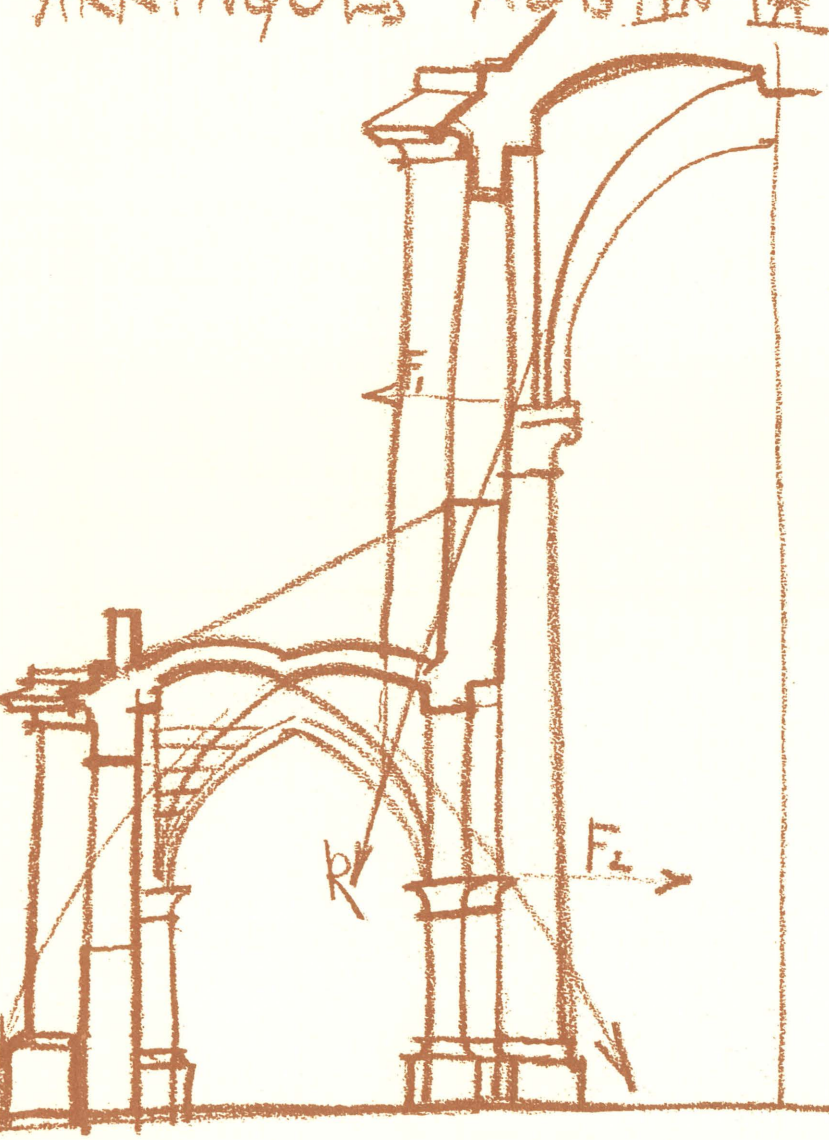
ARRANQUES A DISTINTA ALTURA: Los empujes en sentido contrario de la nave mayor y de la lateral producen el par F_1F_2, que deforma el pilar, des-*(...)*

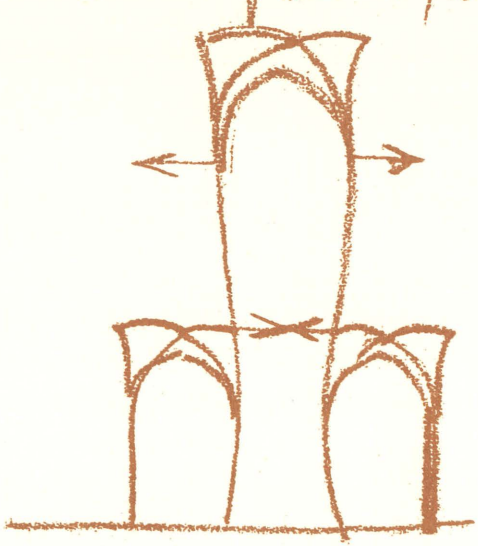
78.1. Sección transversal de las naves lateral y central de una iglesia, con indicación de las líneas de empuje y el par de fuerzas originado por la diferencia de alturas.

78.2. Esquema de deformación de una iglesia de tres naves, con la central más alta que las laterales.

Si son iguales, los resultantes intermedios son verticales. Si no lo son y $\frac{h}{h'} = \frac{l}{l'}$, la resultante cae en la columna. Si h' es menor, aumenta el empuje. Cuando la resultante cargue en el pilar, se aumenta el empuje de la nave menor, dando más grueso a arcos y plementería ó aligerando un peso P en la clave, ó se rellena de plomo. O se hace más retrasada la nave menor: aumenta el contrafuerte. (Catedral de Mallorca)

ARRANQUES A DISTINTA ALTURA: los empujes en sentido contrario de la nave mayor y de la lateral producen el par $F_1 F_2$, que deforma el pilar, dos-





(fol. 79)

(...) prendiéndose su paramento del núcleo. F_1 se evita con un contrafuerte, cargando sobre el fajón de la nave baja, cuyo equilibrio exige trasdosar la otra rama del arco para aumentar su peso *(fig. 78.1)*.

Para que R caiga en el contrafuerte, éste será de poca altura y el ventanal queda pequeño, por la necesidad de dar pendiente fuerte al tejado de la nave baja.

Se hace escalonado en la parte baja del contrafuerte, que se enlaza con el trasdosado de la otra rama, quedando todo bajo la cubierta. Sobra el trozo A, que se suprime, aligerando así la masa del contrafuerte. Aumenta el empuje del fajón.

79.1. Arco apuntado de dos roscas. "FORMERO".

79.2. Sección transversal de las naves lateral y central de una iglesia, con indicación del contrafuerte cargando sobre la rama interior del arco fajón de la nave lateral y trabándose con el trasdosado de la otra rama del arco.

79.3. Sección transversal, con esquema de empujes, de la nave lateral de una iglesia, con vaciado entre el apoyo del contrafuerte y el trasdosado de la otra rama del arco, formando arbotante.

quedándose su paramento del núcleo F_1 se evita con un contrafuerte, cargando sobre el fajón de la nave baja, cuyo equilibrio exige trasdosar la otra rama del arco para aumentar su peso.
Para que R carga en el contrafuerte, ésta será de poca altura y el ventanal queda pequeño, por la necesidad de dar pendiente fuerte al tejado de la nave baja.

Se hace un escalonado en la parte baja del contrafuerte, que se enlaza con el trasdosado de la otra rama quedando todo bajo la cubierta.
Sobre el trozo A, que se suprime, aligerando así la masa del contrafuerte. Aumenta el empuje del fajón

(fol. 80)

Se coloca el arbotante sobre el tejado. Se aplica al punto en que R actúa en el muro.

FORMA DEL ARBOTANTE:

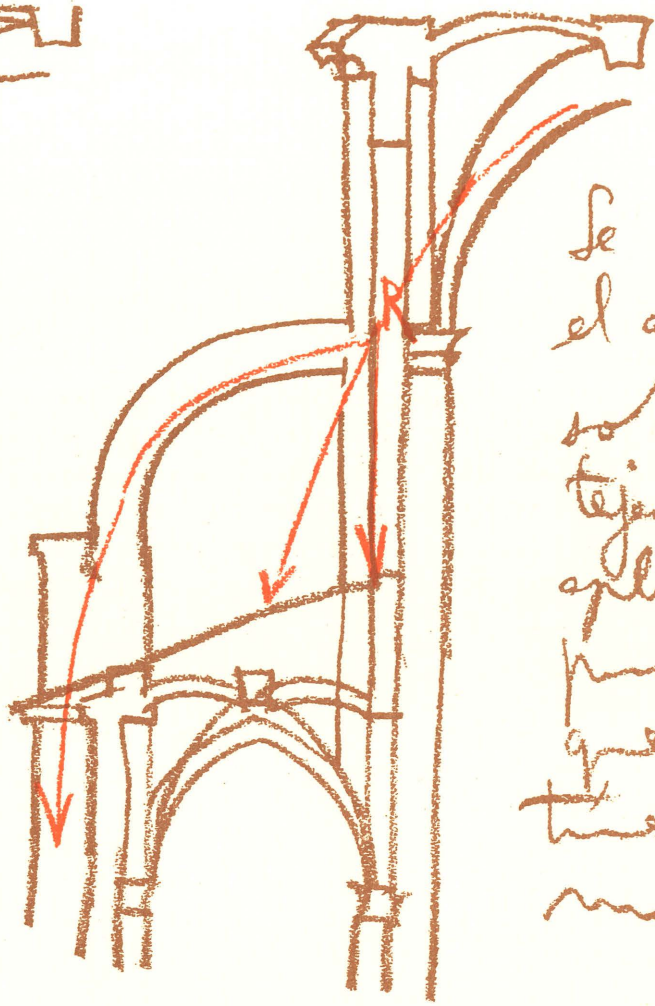
$C = P$

$C = P - V$

$C = P + V$

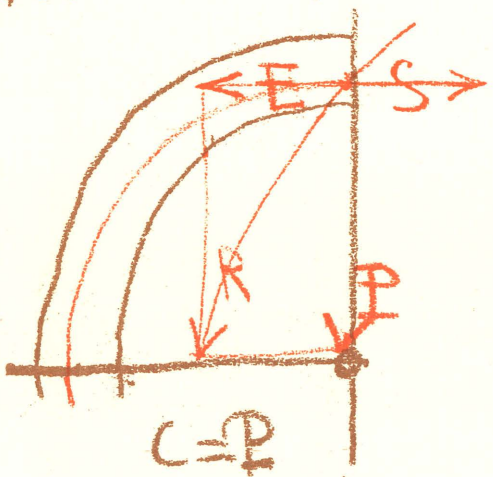
El arbotante produce la acción $\overline{\overline{S}} = \overline{\overline{E}} + \overline{\overline{V}}$. La bóveda tiene la reacción $\overline{\overline{R}} = \overline{\overline{E}} + \overline{\overline{P}}$. La carga total sobre el pilar es $\underline{C} = P \pm V$. Si la carga C aumenta o disminuye, la carga sobre el contrafuerte disminuye o aumenta.

80.1. Sección transversal de las naves lateral y central de una iglesia, con arbotante actuando sobre el contrafuerte, e indicación de empujes.
80.2. Idem con arbotante actuando sobre el contrafuerte, e indicación del punto de aplicación y empujes.
80.3. Arbotante en cuadrante de círculo, que no carga ni descarga al contrafuerte.
80.4. Arbotante inferior al cuadrante de círculo, que descarga al contrafuerte.
80.5. Arbotante superior al cuadrante de círculo, que sobrecarga al contrafuerte.

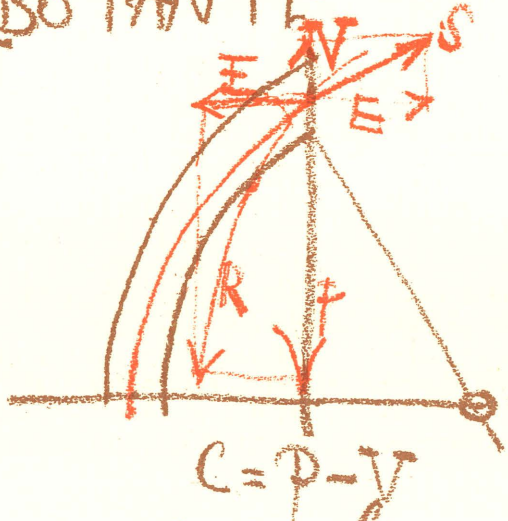


Se coloca el arbotante sobre el tejado. Se aplica al punto en que R actúa en el muro

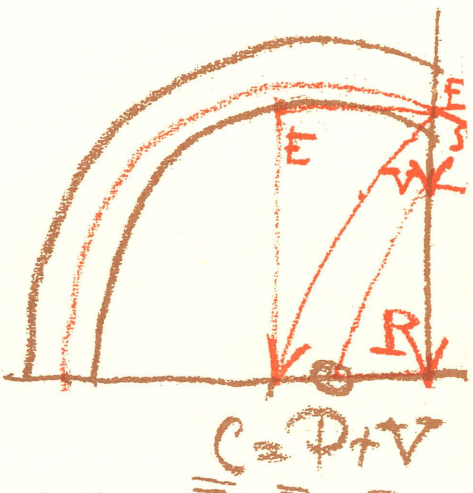
FORMA DEL ARBOTANTE



C = P



C = P − V



C = P + V

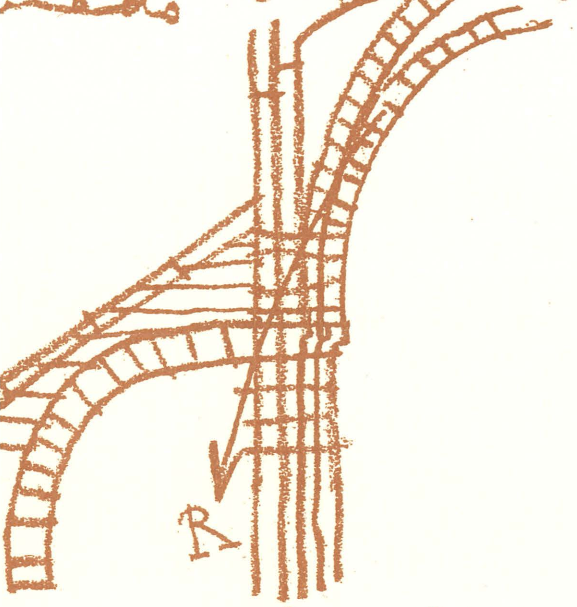
El arbotante produce la acción $\bar{S} = \bar{E} + \bar{V}$
La bóveda tiene la reacción $\bar{R} = \bar{E} + \bar{\Omega}$
La carga total sobre el pilar es $C = P \pm V$
Si la carga C aumenta o disminuye la carga sobre el contrafuerte disminuye o aumenta

(fol. 81)

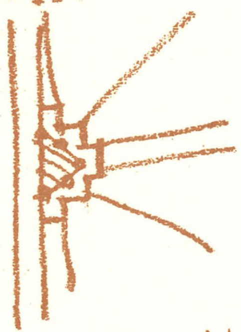
Cuando C = P + V el pilar es más estable. El arbotante se aplica a la altura del contrafuerte, en que R sale del muro. Cada arco actúa en un punto de la última hilada horizontal. Si cambia la curva de presiones de uno, varía R, que puede subir o bajar, formando su componente H un par con E. Se evita, sin aumentar el grueso del arbotante y con ello E, coronándolo con una albardilla recta que trabaja como puntal y aplicándolo al punto más bajo en que pueda actuar la resultante. Se trasdosa el fajón. La resultante actúa baja cuando el viento sopla en la *(...)*

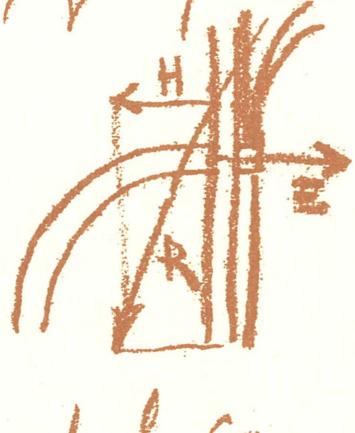
81.1. Detalle, en alzado, del entronque del arbotante con el machón de carga y planta de éste, con indicación de la línea de empujes.
81.2. Esquema del comportamiento estructural de un arco de arbotante aplicado a un punto inferior al de salida de la línea de empuje.
81.3. Detalle de arbotante trasdosado por albardilla que trabaja a compresión, y perfil de la misma.

…cuando C=P+V el pilar es más estable

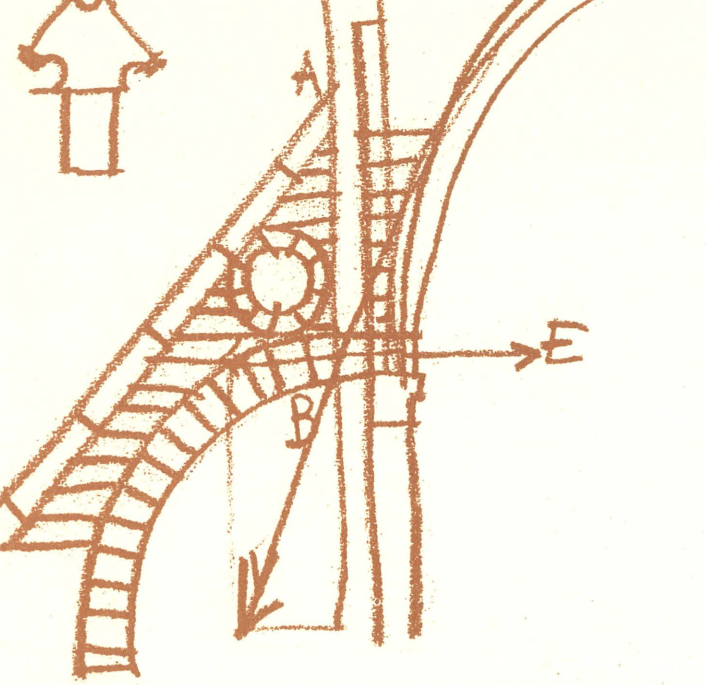


El Arbotante se aplica a la altura del contrafuerte, en que R sale del muro. Cada arco actúa en un punto de la última hilada horizontal. Si cambia la curva de presiones de uno, variará R, que puede subir o bajar, formando su





componente H un par con E. Se evita, sin aumentar el grueso del arbotante y con ello E, curvándolo con una albardilla recta que trabaja como puntal y aplicándola al punto más bajo en que puede actuar la resultante. Se trasdosa el fajón. La resultante actúa baja cuando el viento sopla en la



(fol. 82)

(...) dirección del empuje del arbotante.

Se disminuye el peso, sin disminuir $\overline{AB}$, calando el trasdosado o haciendo muy inclinado el puntal. Se hace adovelado para que no pandee hacia fuera.

FORMA PARA QUE CARGUE SOBRE EL PILAR

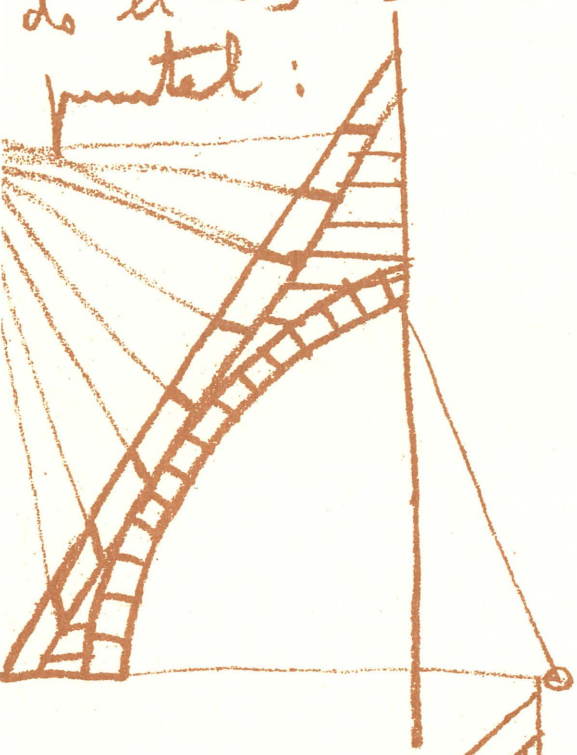
CHARTRES

COLONIA

PUNTAL parecido a una viga armada.

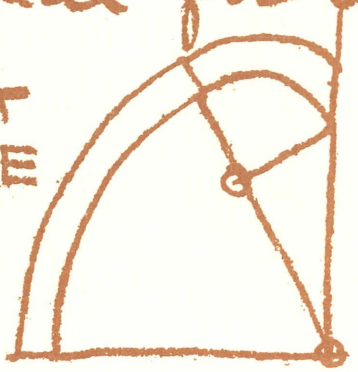
82.1. Alzado de arbotante de fuerte inclinación, trasdosado por albardilla adovelada para evitar el pandeo.
82.2. Esquema del trazado de un arbotante para asegurar que cargue sobre el pilar.
82.3. Detalle de un arbotante con el trasdós calado.
82.4. Detalle de arbotante calado de la catedral de Chartres.
82.5. Idem de la catedral de Colonia.
82.6. Detalle de arbotante de trasdós calado con dos nervios que se unen transversalmente.

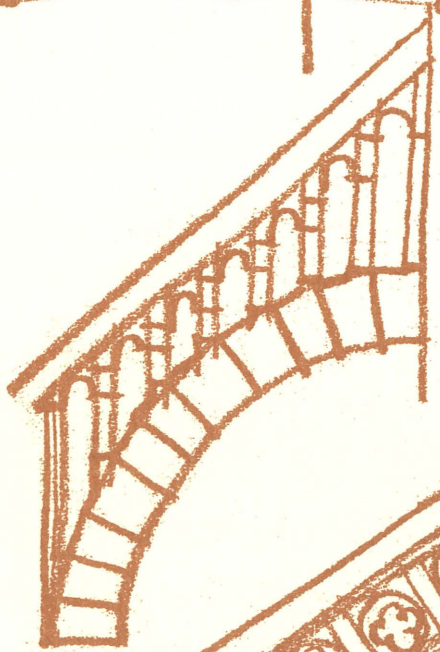
dirección del empuje del arbotante
Se disminuye el peso, sin disminuir AB, calando el trasdosado ó haciendo muy inclinado el puntal:

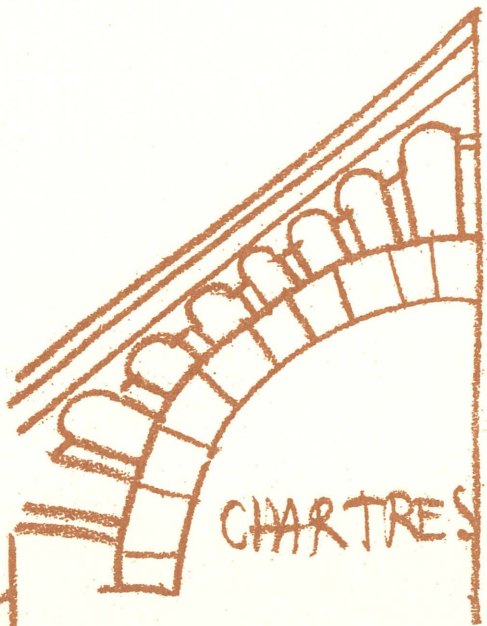


Se hace adovelado para que no pendee hacia fuera

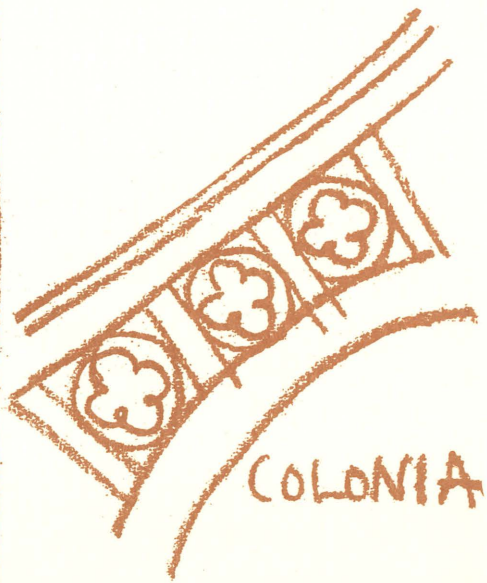
FORMA ~~PARA~~ QUE CARGUE SOBRE EL PILAR



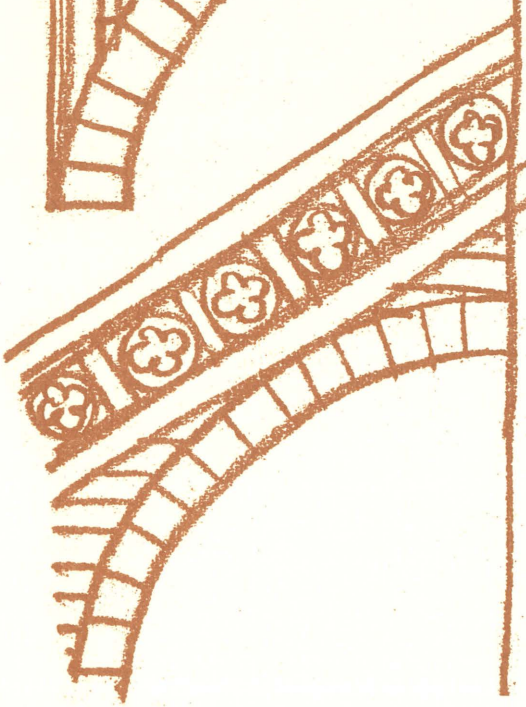




CHARTRES



COLONIA



PUNTAL parecido a una viga armada

(fol. 83)

Se hicieron a plomo del muro, o del pilar, o en desplome.

ARBOTANTE a plomo del muro

ARBOTANTE EN DESPLOME

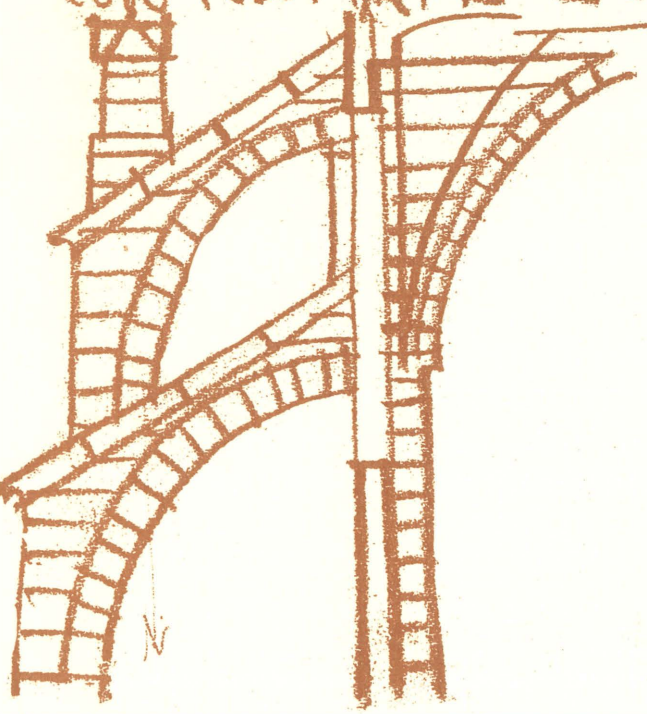
CON REMATE EN DESPLOME

Si se nota la acción del viento en la clave del formero, y no se puede elevar demasiado el arbotante por ser estrecha la nave baja, se desdobla el arbotante y se trasdosa el fajón. *(...)*

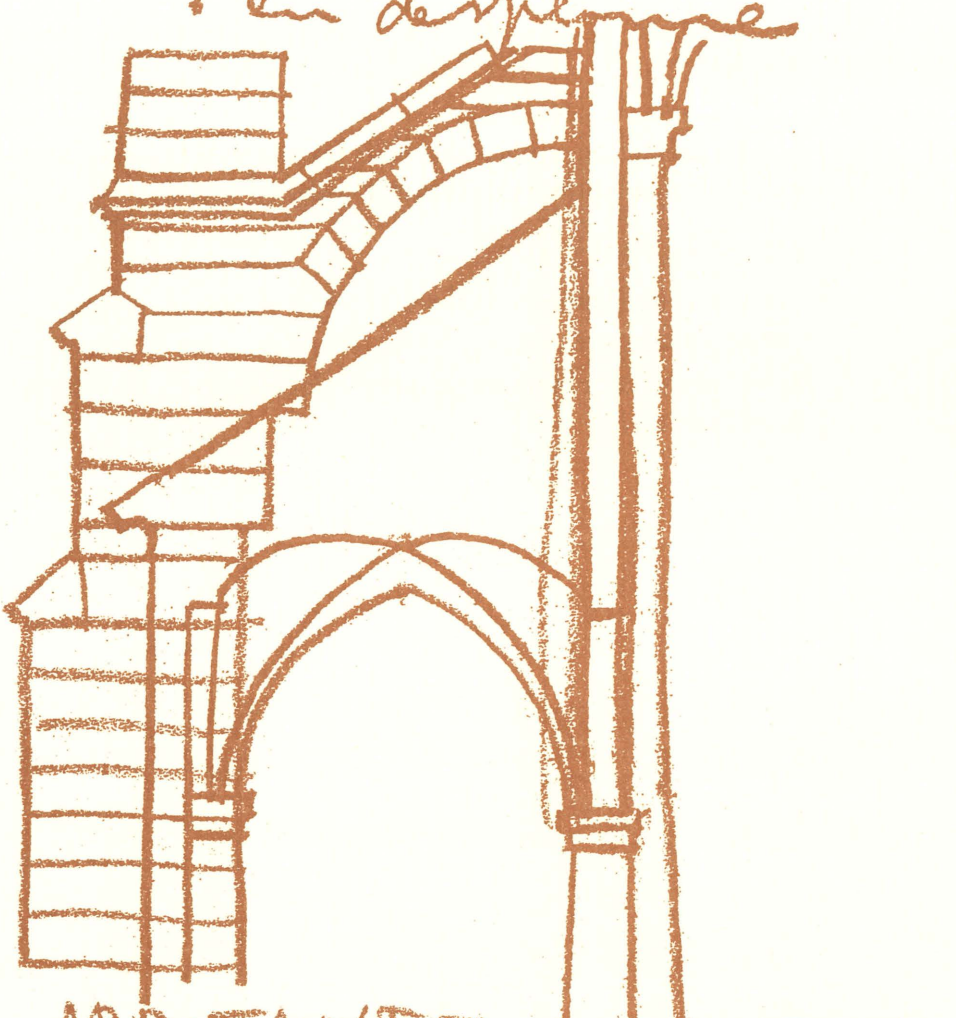
83.1. Sección transversal de las naves lateral y central de una iglesia, con arbotante a plomo del muro.
83.2. Idem, con arbotante en desplome.
83.3. Esquemas de contrarrestos a plomo de muro y en desplome.
83.4. Alzado de contrarresto constituído por dos arbotantes superpuestos.

ARBOTANTE a plomo del muro

CON REMATE EN DESPLOME



Se hicieron a plomo del muro, ó del pilar ó en desplome



ARBOTANTE EN DESPLOME

Si se nota la acción del viento en la clave del formero, y no se puede elevar demasiado el arbotante por ser estrecha la nave baja, se desdobla el arbotante y se tiende el fajón

(fol. 84)

(...) En condiciones normales sólo trabaja el arbotante inferior. El superior apoya en él por medio de una columna monolítica. (AMIENS, BEAUVAIS).

IGLESIAS DE 5 NAVES:

Las líneas de espinazo de los arbotantes deben ir en prolongación. A veces se consigue esto con un calado.

Si se hace el arbotante en desplome debe caer el centro de gravedad del contrafuerte dentro de su base *(...)*

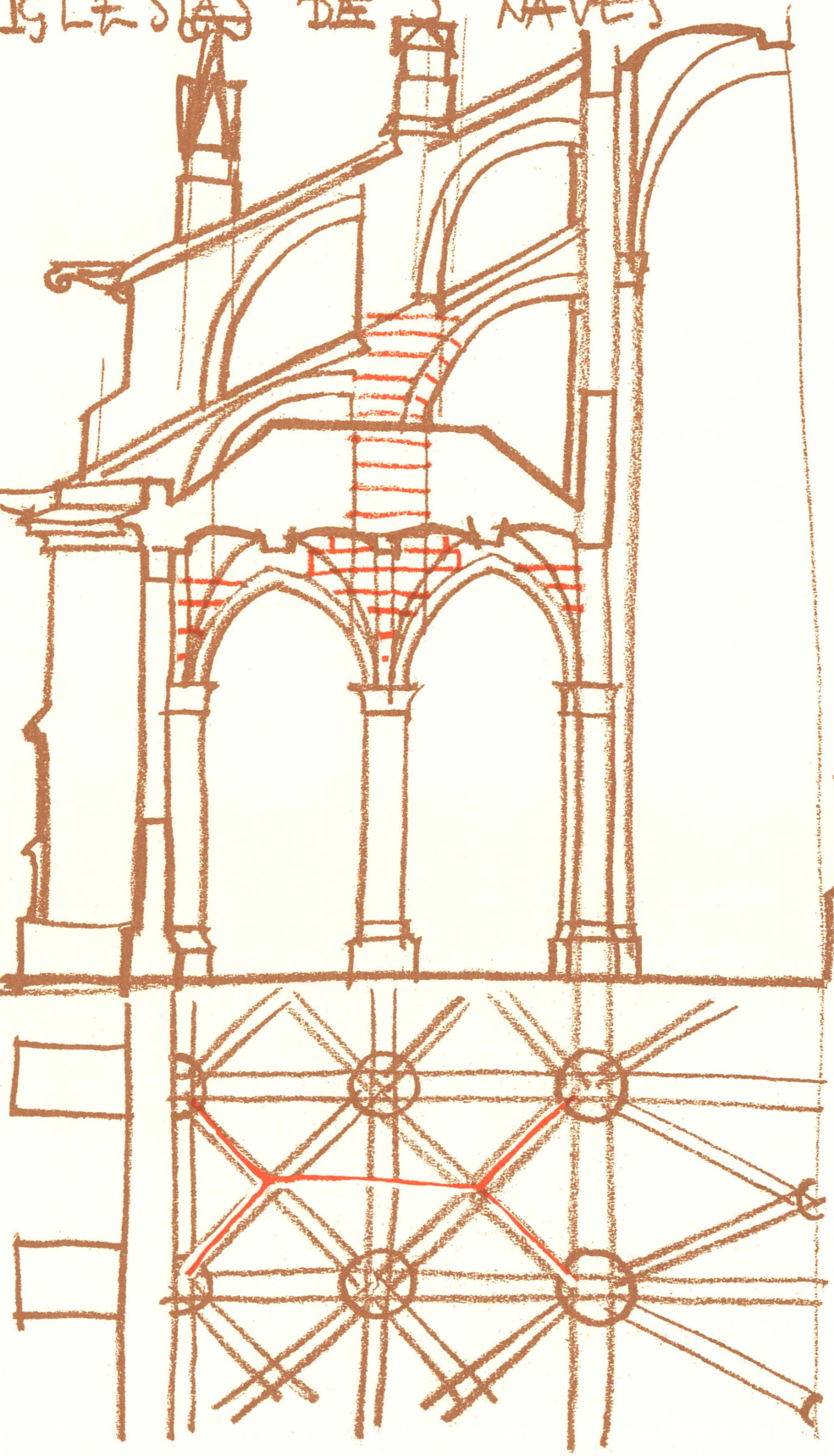
84.1. Sección transversal y planta de las naves laterales de una iglesia de cinco naves, con indicación de arbotantes y su apoyo.

83.2. Detalle de arbotantes de naves laterales, con indicación de la continuidad en la línea de espinazo por interposición de calado en el trasdós del más interior.

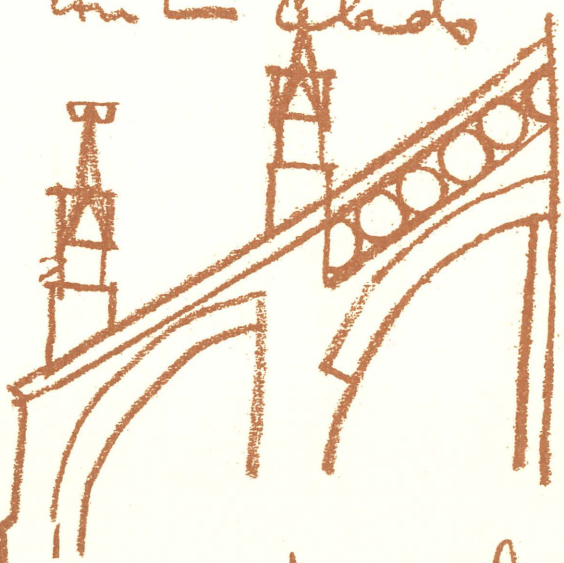
En condiciones normales solo trabaja el arbotante inferior. El superior apoya en él por medio de una columna monolítica.

(AMIENS, BEAUVAIS)

IGLESIAS DE 5 NAVES



Las líneas de espinazo de los arbotantes deben ir en prolongación. A veces se consigue ésto con un celado



Si se hace el arbotante en desplome, debe caer el centro de gravedad del contrafuerte dentro de su base,

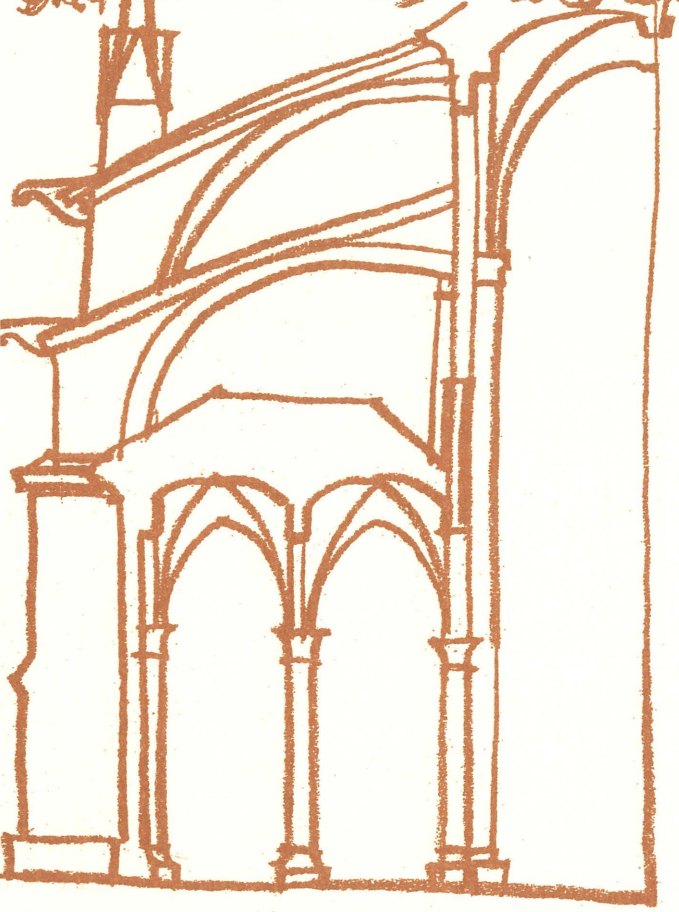
(fol. 85)

(...) para que tenga estabilidad propia. El contrafuerte intermedio es sólo transmisor y se hace menor que el extremo. Los arbotantes apoyan en elementos independientes del muro *(fig. 84.1)*.

ARBOTANTES CRUZANDO SOBRE LAS DOS NAVES

85.1. Sección transversal de las naves laterales de una iglesia de cinco naves con arbotantes cruzando sobre las dos naves.
85.2. Perfil de la albardilla que trasdosa los arbotantes.

para que tenga estabilidad propia. El contrafuerte intermedio sólo trasmisor y se hace menor que el externo. Los arbotantes apoyan elementos independientes del muro



ARBOTANTES CRUZANDO SOBRE LAS DOS NAVES

(fol. 86)

TECHOS DE MADERA*: Se hacen con las piezas de tamaño corriente. Se usan maderos enterizos en estructuras. La relación de la tabla al canto es 3 a 2.

Madera menuda: Hasta los maderos de sesma (12 x 18), que se usan en maderos de piso y vanos. Se venden con largo dado por cada sección, para resistir la carga normal en un vano dado.

Se usan maderos de a 8 (4 m), de a 10 (3´75) y sesma (4´5) o viguetas. La denominación proviene del número de maderos que caben en 1 vara = 84 cm.

Madera gruesa: Se venden por pies. La sección es la media, pues es mayor por el raigal que por la copa, en el roble y en la encina, y algo menos en el pino. El de Cuenca se usa para entramados y el de Soria para tableros. El del Norte o rojo, para tablones (18 a 20 por 5 a 10) que se usan acoplando piezas gemelas o abrazando una enteriza, pero se alabean, así que se usan como auxiliares.

Se usan: Vigueta o sesma, con longitud arbitraria, hasta 24 pies. Las más largas *(...)*

86.1. Sección de un madero e indicación de la proporción entre sus dimensiones: "TABLA"/"CANTO"; "2"/"3".

86.2. Sección acotada de maderos adosados. "1 vara".

* *Cfr.* fol 2.

TECHOS DE MADERA: Se hace con los pisos de tamaño corriente. Se usan maderos enterizos ó estructurales. La relación de la tabla al canto es de 3 a 2

Madera menuda: Hasta los maderos de sesma (12x18), que se usa en maderos de piso y vanos. Se vende en largos dados para cada sección, para resistir la carga normal con un vano dado.

Se usan maderos de a 8 (4 m), de a 10 (3'75) y sesma (4'5) ó viguetas. La denominación proviene del número de maderos que cabe en 1 vara = 84 cm

Madera gruesa: Se vende por piés. La sección es la media, pues es mayor por el raigal que por la copa, en el roble y en la encina, y algo menos en el pino. El de Cuenca se usa para entramados y el de Soria para tableros. El del Norte ó rojo, para tablones (18 a 20 por 5 a 10) que se usan acoplando piezas gemelas o chapando una enteriza, pero se alabean, aunque se usan como auxiliares

Se usan: Vigueta ó sesma, con longitud arbitraria, hasta 24 piés. Las más largas

(fol. 87)

(...) son piezas especiales y se pagan por encuartes, suplemento al precio por pies, para cada pie de aumento. El primer encuarte es 1 ctm, el 2º, 1´5 ctm, &.

Tercia: uno de sus lados es 1/3 de vara.

Pie y cuarto: con un lado de 28 + 28/4 = 35 cm.

Media vara: 84/2 = 42 cm.

Madero: pieza con el corazón en el centro, del que se parte para aserrar tablas: *(fig. 87.1)*.

Enlaces de hierro:

Tornillos o tirafondos: con rosca de madera, amplia y profunda, de cabeza cuadrada.

Pasadores o tornillos pasantes: De cabeza cuadrada en un extremo y rosca y tuerca cuadrada, con un ovalillo, en el otro. Son cilíndricos.

Bridas: Pletinas dobladas, con pasadores.

Varillas: Pernos pasantes muy largos.

l edificio se divide por muros paralelos en crujías. Los normales a aquéllos se llaman traviesas. El ancho de las crujías depende del largo de los maderos, en el comercio. La entrega es de medio pie (14 cm) a 1 pie (28 cm).

87.1. Despiezo de un rollizo.

son piezas especiales y se pagan por <u>encuentes</u> suplementos al precio por piés, para cada pié de aumento. El primer encuentre es 1 ctm, el 2º, 1'5 ctm, &.

Tercia: uno de sus lados es $\frac{1}{3}$ de vara

Pié y cuarto: con un lado de $28 + \frac{28}{4} = 35$ cm

Media vara: $\frac{84}{2} = 42$ cm

Madero: pieza con el corazón en el centro, del que se parte <u>para aserrar tablas</u>:

Enlaces de hierro: Tornillos ó Tirafondos: con rosca de madera, amplia y profunda de cabeza cuadrada.

Pasadores ó Tornillos pasantes: De cabeza cuadrada en un extremo y rosca y tuerca cuadrada, con un ovalillo en el otro. Son cilíndricos

Bridas: Platinas dobladas, con pasadores

Varillas: <u>Pernos pasantes</u> muy largos.

El edificio se divide por muros paralelos en crujías. Los normales a aquellos se llaman traviesas. El ancho de las crujías depende del largo de los maderos, en el comercio. La entrega es de medio pié (14 cm) a 1 pié (28 cm)

(fol. 88)

CARRERA: no es enteriza. Es pieza cachada. Resulta de dar un hilo a la sesma. Se pone hacia arriba el corazón, pues la cara recién serrada es la más plana. Así se evita sacar hilos y se aprovecha el corte de la cacha.

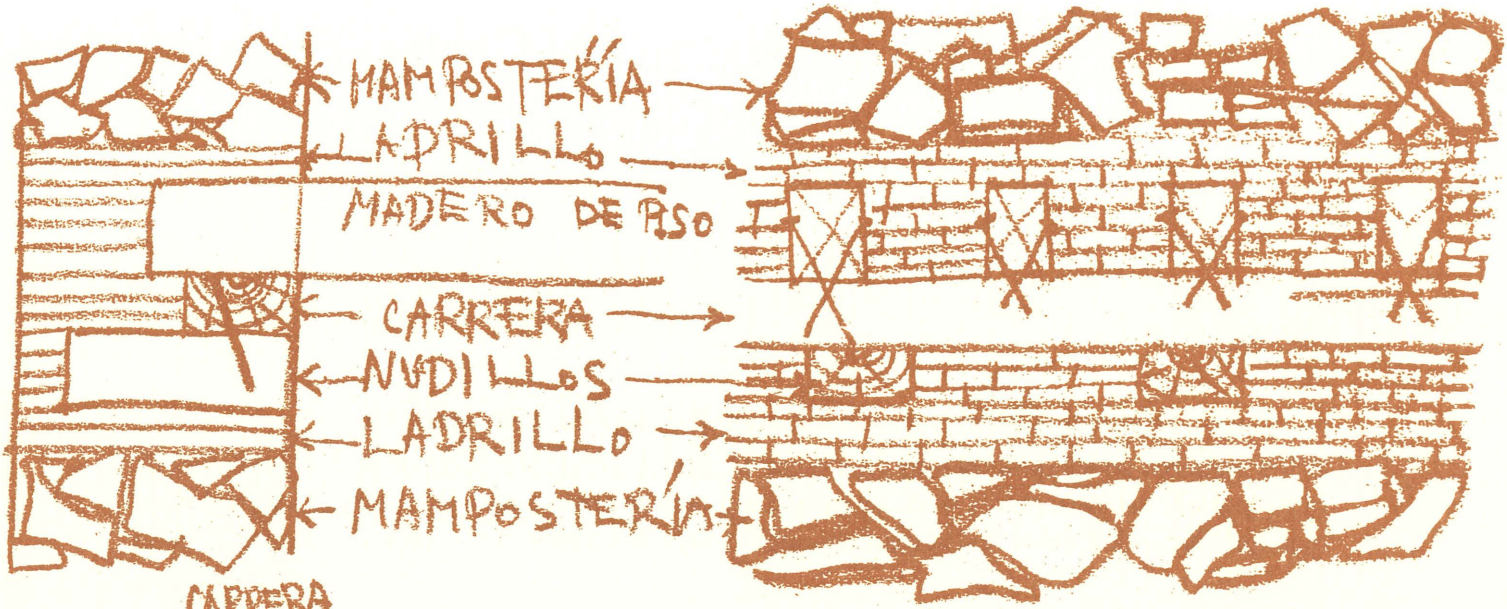
NUDILLOS: Se colocan a distancias de 0´75 a 1 m. Se evita que el mortero de cal o cemento queme la madera, dando de mano con yeso, lo que se hace también en las demás superficies en que la madera está en contacto con la fábrica.

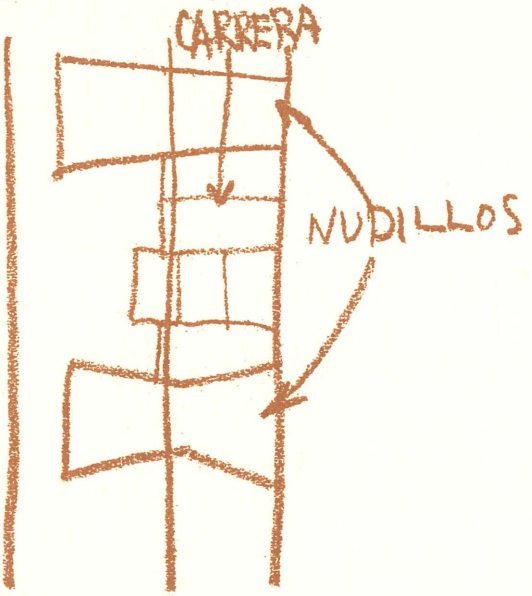
Después de recibido el nudillo, se clava la *(...)*

88.1. Sección transversal, longitudinal y planta del detalle de apoyo de un forjado de madera en un muro, con indicación de elementos: "MAMPOSTERÍA"/"LADRILLO"/"MADERO DE PISO"/"CARRERA"/"NUDILLOS"/"LADRILLO"/"MAMPOSTERÍA";"CARRERA"/"NUDILLOS".

88.2. Sección de madero con indicación del hilo para su división en dos. "CACHAS".

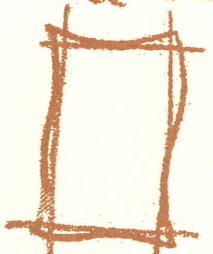
88.3. Sección de madero.





CARRERA: no es entera
Es pieza cachada:

Resulta de dar un hilo a una sesma. Se pone hacia arriba el corazón pues la cara recién serrada es la más plana. Así se evita sacar hilos y se aprovecha el corte de la cacha



NUDILLOS: Se coloca a distancias de 0'75 á 1m. Se evita que el mortero de cal ó cemento quemen la madera, dando de mano con yeso, lo que se hace también en las demás superficies en que la madera está en contacto con la fábrica.
Después de recibido el nudillo se clava la

(fol. 89)

(...) carrera, poniendo oblícuos los clavos, para que no puedan ser arrancados.

A los maderos se les quita el lomo por la parte inferior, y una vez bien sentados, se clavan de oído (por el costado). Antes se da de yeso a la junta que está empotrada. Se colocan a distancias que dependen de la resistencia del suelo, pues la sección de la viga sólo depende de la luz.

CLAVOS:

Forjados, cuadrados, cabeza redonda.
De a cuarta: cuyo largo es vara/4.
De a pie.
Bellotes.
Bellotillos.

Los bellotes son suficientes para sujetar los maderos a las carreras, y éstas a los nudillos.

Si el techo es forjado, se ponen próximos los maderos aunque tenga cargas pequeñas y haya exceso de resistencia.

Los maderos se enlazan acuñándolos con 1 o más órdenes de zoquetes, para repartir las cargas. Además, así se enderezan los maderos.

89.1. Detalle de un clavo.

carrera, poniendo oblicuos los clavos, para que no puedan ser arrancados.
A los maderos, se les quita el lomo por la parte inferior, y una vez bien sentados, se clavan de oído (por el costado). Antes, se dá de yeso a la punta que está empotrada. Se colocan a distancias que dependen de la resistencia del suelo, pues la sección de la viga sólo depende de la luz.

CLAVOS: Forjados, cuadrados, cabeza redonda

De a cuarta: cuyo largo es $\frac{\text{vara}}{4}$
De a pié
Bellotes
Bellotillos

Los Bellotes son suficientes para sujetar los maderos a las carreras, y éstas, a los nudillos.
Si el techo es forjado, se ponen próximos los maderos aunque tenga cargas pequeñas y haya exceso de resistencia.
Los maderos se enlazan acuñándolos con 1 ó más órdenes de zoquetes para repartir las cargas. Además, así se enderezan los maderos

(fol. 90)

ZOQUETE

HUECOS EN EL TECHO:

B = Brochal: va al costado del madero

M = Maderos cojos: van al costado del brochal.

CRUJÍAS ANCHAS: La vigueta sirve hasta 5 m. Para más anchuras puede resultar débil la sesma y es cara. La tercia resulta muy fuerte y para que no sobre resistencia se ha de separar mucho (60 ó 70 cm) y no se puede forjar el suelo. Así que se hace con VIGAS MAESTRAS, sobre las que se apoyan los maderos. Suele hacerse enteriza, sin armar.

90.1. Planta de forjado de madera sobre crujía de cuatro metros, con una serie de zoquetes intermedios.

90.2. Corte transversal de un forjado de madera, con indicación del clavado del zoquete, y detalle del mismo.

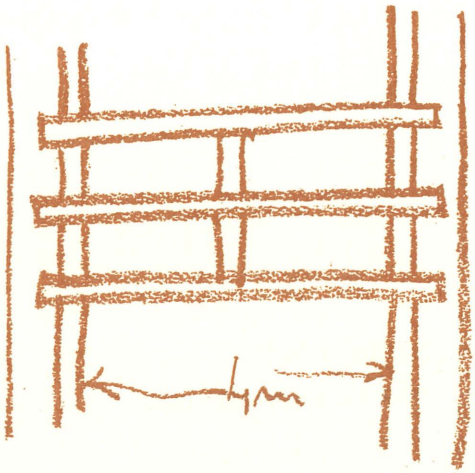
90.3. Planta de forjado de madera sobre crujía de cinco metros, con dos series de zoquetes intermedios.

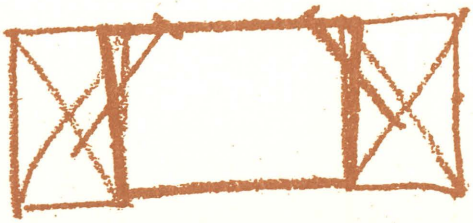
90.4. Secciones de brochal.

90.5. Planta de forjado de madera con apertura de huecos, indicando brochales: "B"*; y viguetas cojas:* "M".

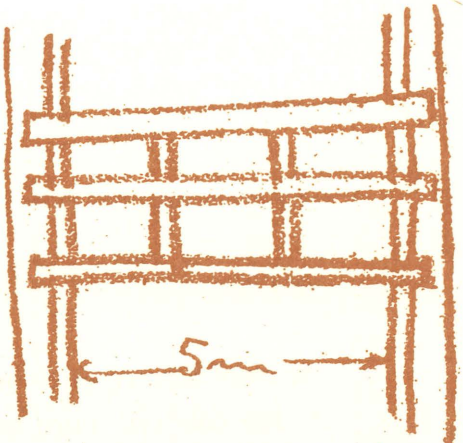
90.6. Planta de forjado de madera sobre crujía ancha, con interposición de vigas maestras.

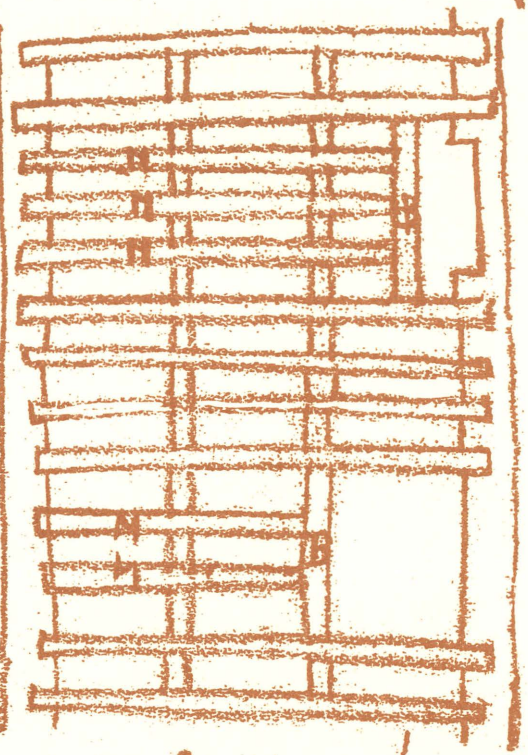
90.7. Detalle de viga armada con endentados y bridas, de pieza inferior enteriza.





ZOQUETE

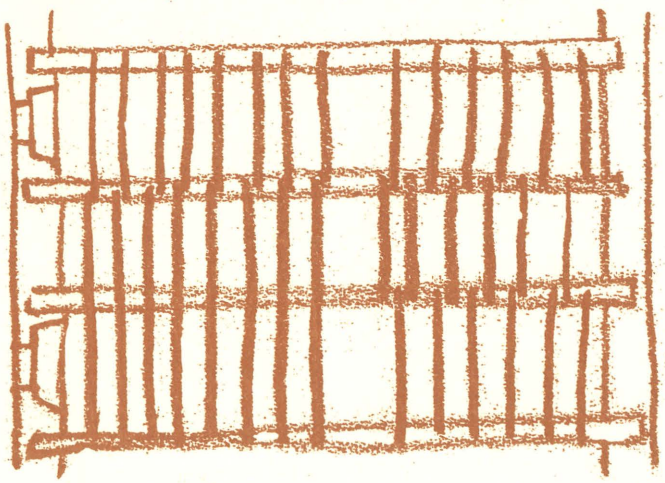


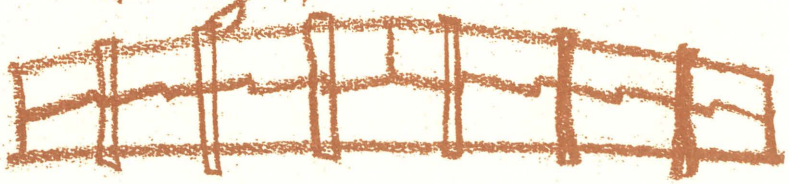


HUECOS EN EL TECHO:
B = Brochal va al costado del madero:

M = Maderos cojos van al costado del brochal

CRUGÍAS ANCHAS: La vigueta sirve hasta 5 m. Para más anchuras, puede resultar débil la sesma y es cara. La tercia resulta muy fuerte y para que no sobre resistencia, se ha de separar mucho (60 ó 70 cm) y no se puede forjar el suelo. Así que se hace con VIGAS MAESTRAS, sobre las que apoyan los maderos. Suele hacerse entereza, sin armar:





(fol. 91)

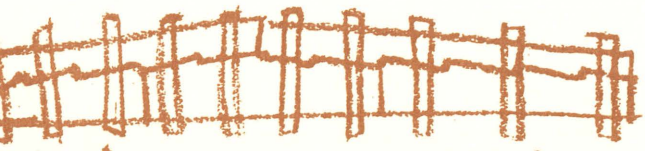
Se emplea la tercia. Si queda aparente se dan hilos de sierra por abajo y por los lados.

Carga sobre el muro por intermedio de una piedra, a veces en forma de ménsula, para aumentar el empotramiento.

También se usan palomillas de hierro o zapatones de madera.

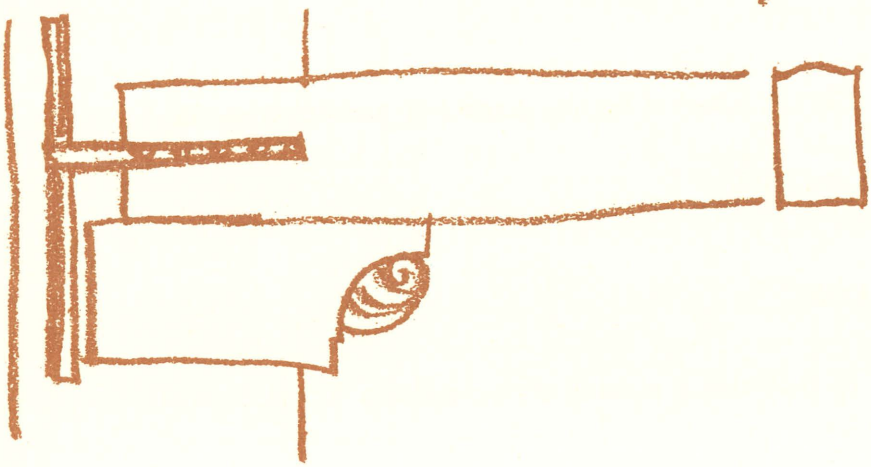
Para anclarla en el muro se ata a un hierro pasante con una llanta atornillada con tirafondos. A veces el hierro está en el paramento exterior o se substituye por un haz de hierros puestos de canto (Ancla).

91.1. Detalle de viga armada con endentados y bridas, constituída por varias piezas.
91.2. Detalle, en planta y sección, del empotramiento de una viga en el muro mediante ménsula de piedra y anclaje metálico.
91.3. Detalle, en sección, del empotramiento de una viga en el muro, mediante canecillo de madera.
91.4. Detalle, en planta, del empotramiento de una viga en el muro, mediante anclaje metálico en el paramento exterior.
91.5. Detalle del anclaje exterior, ornamental, de una viga en el muro.



hilos de sierra por

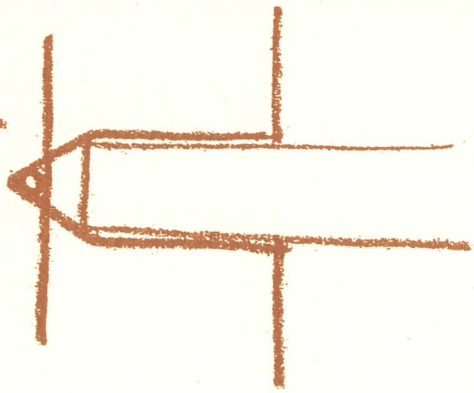
Se emplea la tercia. Si queda aparente, se dan abajo y por los lados

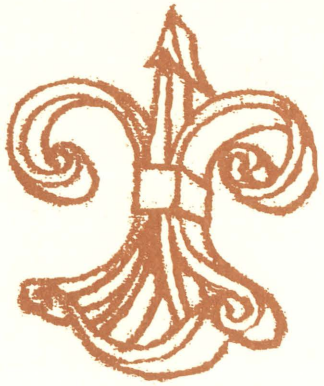


Carga sobre el muro por intermedio de una piedra, a veces en forma de mensula, para aumentar el empotramiento

También se usan palomillas de hierro ó zapatones de madera:

Para anclarla en el muro se ata a un hierro pasante con una llanta atornillada con tirafondos. A veces el hierro está en el paramento exterior ó se substituye por un haz de hierros puestos de canto (Ancla)





(fol. 92)

VENTILACIÓN DE LA CABEZA DE LA VIGA: Con una cámara de aire del ancho de la testa.

CONDUCTOS EXTERIORES: Con una rejilla.

CONDUCTOS INTERIORES

EN LOS ENTRAMADOS SENCILLOS

VIGAS MAESTRAS

VIGAS MAESTRAS PAREADAS: Para disminuir el largo de los maderos A > B. Se sustituye una tercia por 2 sesmas.

92.1. Detalle, en sección longitudinal y transversal, del apoyo de una viga de madera en el muro, con conducto de ventilación.

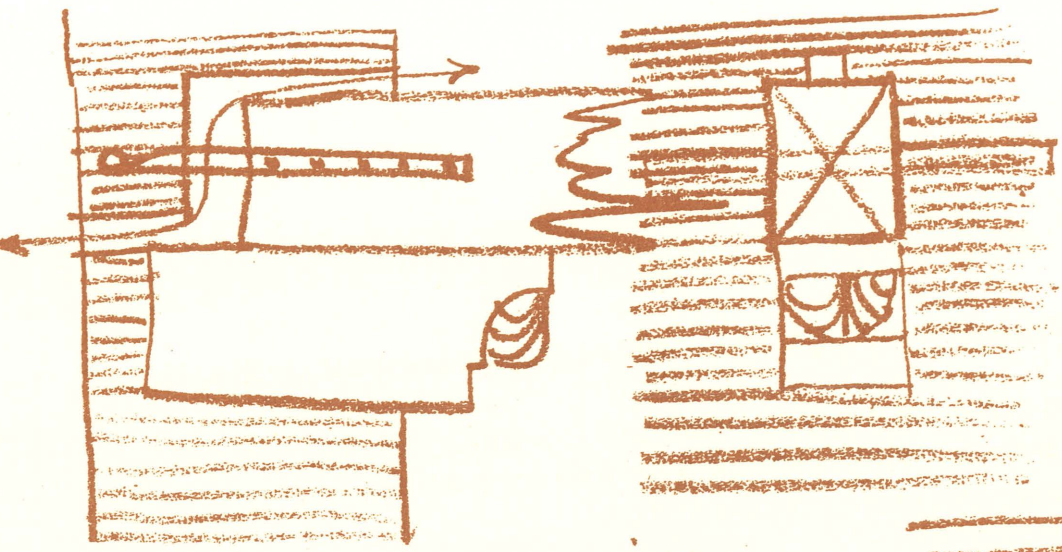
92.2. Detalle del conducto de ventilación exterior en el apoyo de una viga de madera.

92.3. Detalle de dos formas distintas de conducto de ventilación interior en el apoyo de una viga de madera.

92.4. Sección y planta del apoyo de una viga de madera en el muro, por interposición de carrera y canecillo de piedra, con indicación de elementos: "CARRERA"/"CANECILLO DE PIEDRA".

92.5. Detalle del apoyo de una viga de madera en el muro, por interposición de carrera y canecillo de piedra.

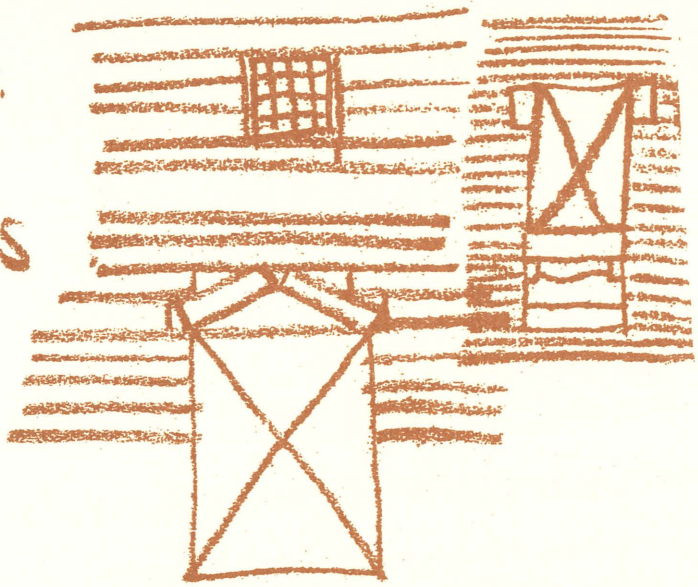
92.6. Detalle, en planta, de forjado de madera con vigas maestras pareadas.



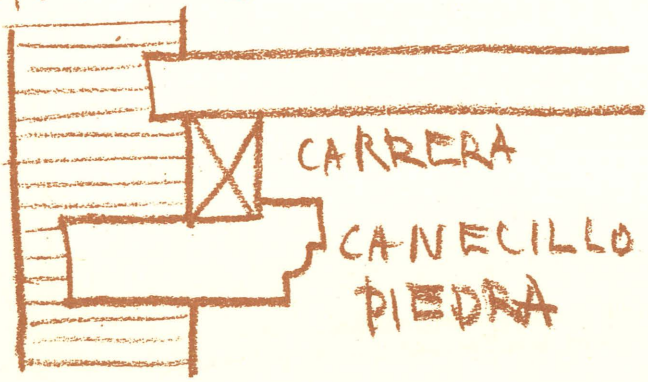
VENTILACIÓN DE LA CABEZA DE LA VIGA: Con una cámara de aire del ancho de la testa

CONDUCTOS EXTERIORES: Con una rejilla

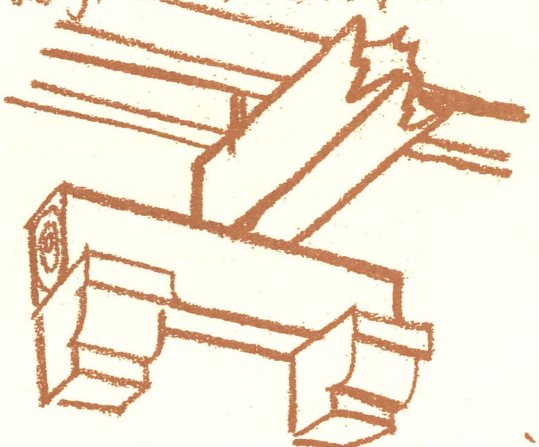
CONDUCTOS INTERIORES

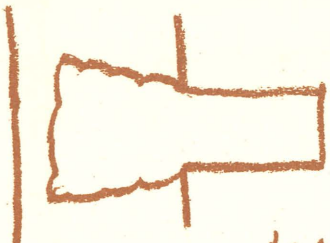


EN LOS ENTRAMADOS SENCILLOS:



VIGAS MAESTRAS:





VIGAS MAESTRAS PARIADAS: Para disminuir el largo de los maderos A > B. Se sustituye una tercia por 2 sesmas

(fol. 93)

APOYO DE LOS MADEROS SOBRE LA VIGA MAESTRA. Para disminuir la altura, en cargas pequeñas.

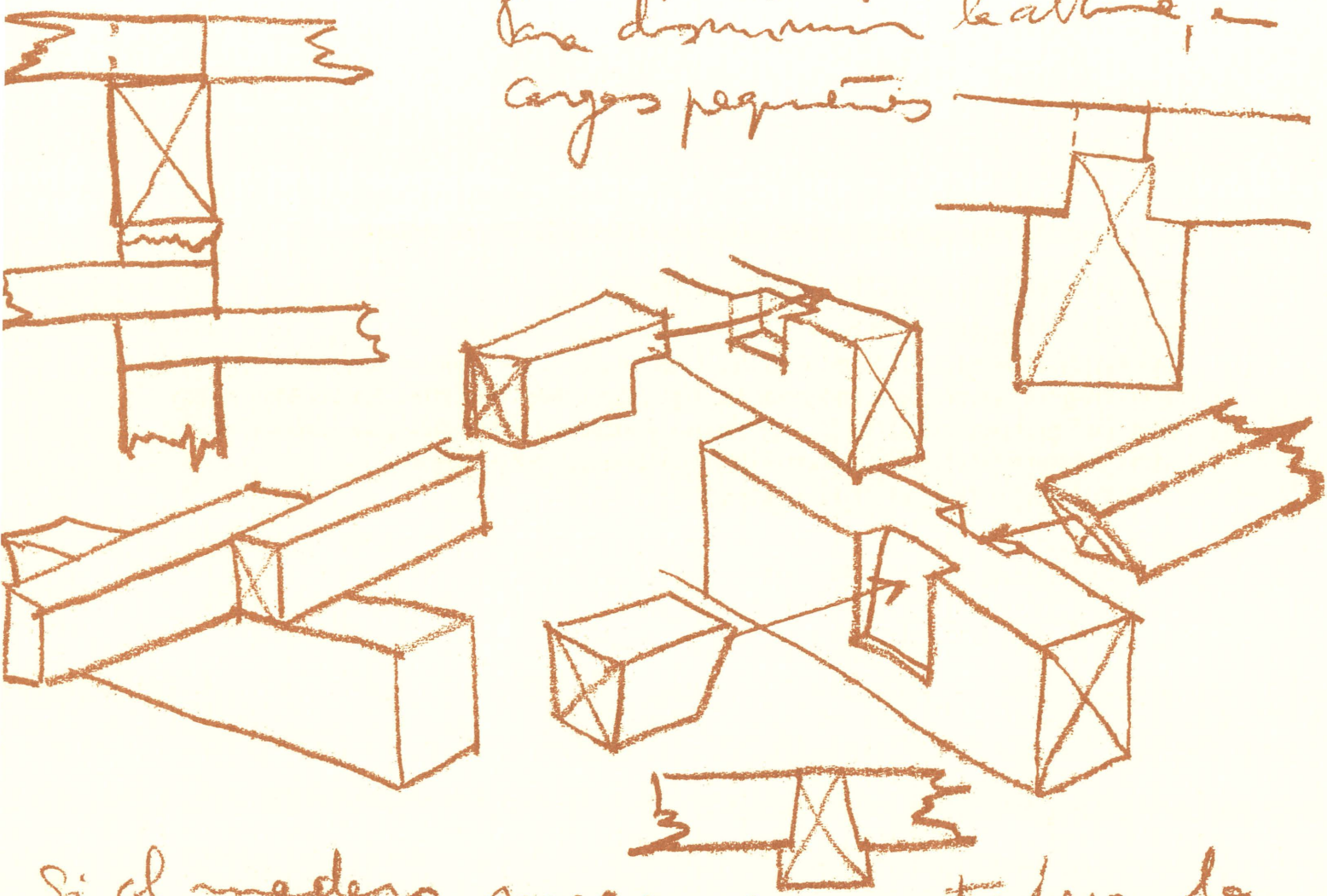
Si el madero merma, no trabaja la parte azalmerada y sólo el resalto, y para más seguridad, se ponen serradizos colgados de estribos. Puede ocultarse todo con una tabla.

Si la viga maestra limita un vano, los maderos que recibe *(...)*

93.1. Detalle, en planta y alzado, de apoyo de viguetas sobre la viga maestra.
93.2. Detalles, en sección y axonometría, de distintos cajeados para el apoyo de viguetas en la viga maestra.
93.3. Detalle del apoyo de viguetas en la viga maestra mediante listones colgados de ésta por un estribo, para evitar el cajeado.
93.4. Detalle, en sección y axonometría, del apoyo por un solo lado de vigueta en la viga maestra, mediante ensamble en cola de milano.

APOYO DE LOS MADEROS SOBRE LA VIGA MAESTRA

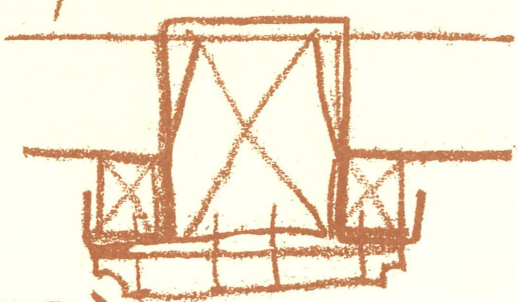
Para disminuir la altura, en cargas pequeñas

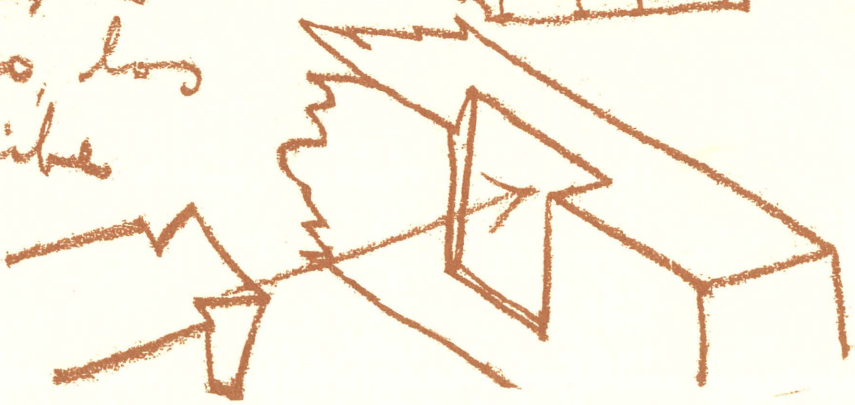


Si el madero merma no trabaja la parte ajalmenada y sólo el resalto, y para más seguridad, se ponen tornillos colgados de estribos

Puede observarse todo en la tabla:

Si la viga maestra limita como los maderos que recibe





(fol. 94)

(...) por un solo lado pueden curvarla, lo que se evita con la cola de milano.

ENTRAMADOS APARENTES: ARTESONADOS

Se labran 3 de las caras o las 4.

ENTRAMADOS SENCILLOS: Con zoquetes iguales a las vigas o menores en canto y tabla, en gran número para enderezar las vigas. Se cubre con tablas. En los Marcos hay tablas de 7 pies para tramos de 3 y 4 (3 vanos y 4 maderos) y de 9 pies, para tramos de 4 y 5. Se acusan con molduras los recuadros, que conviene sean poco alargados.

CASETONES DE POCA PROFUNDIDAD

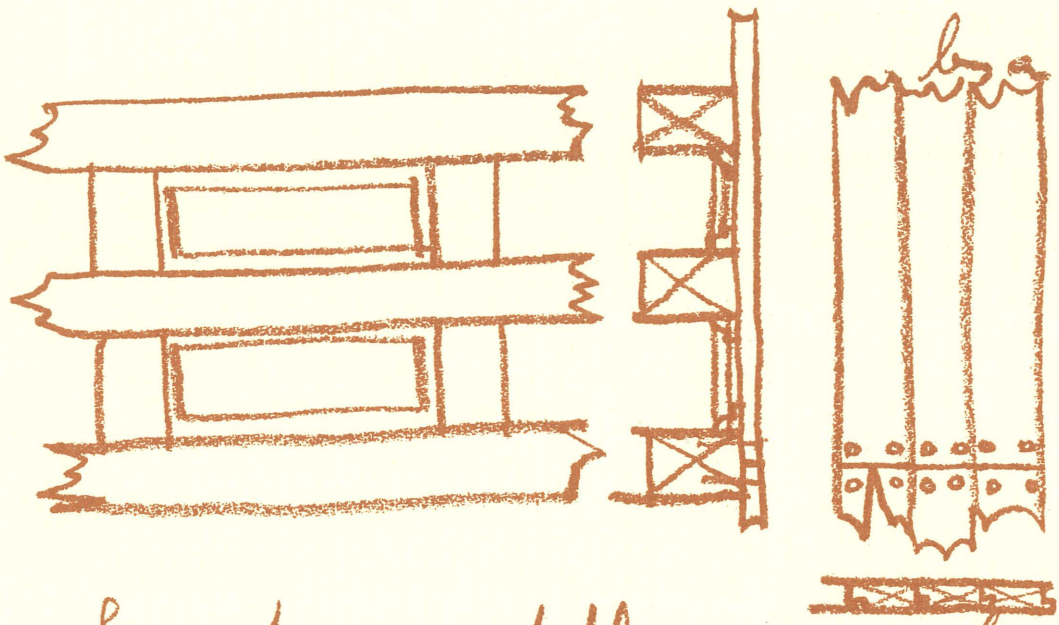
94.1. Planta y sección de un techo entramado, con planta y sección del tablero superior.

94.2. Corte del casetón de un artesonado, con suelo superior de madera. "TABLA"/"RASTRELES"/"TABLA"/"MOLDURA". *(Con indicación del perfil de la sección vista).*

94.3. Corte del casetón de un artesonado, con suelo superior de baldosa. "BALDOSAS"/"YESO para absorber la humedad"/"Tabla formando techillo". *(Con indicación del perfil de la sección vista).*

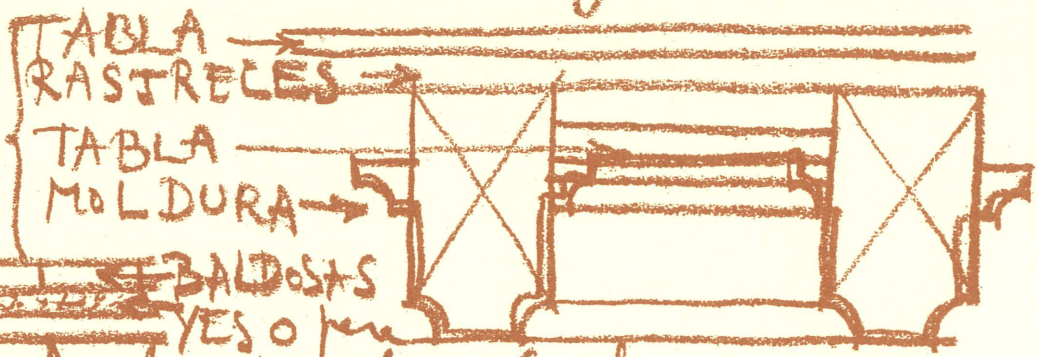
por un solo lado pueden curvarla, lo que se evita con una cola de milano

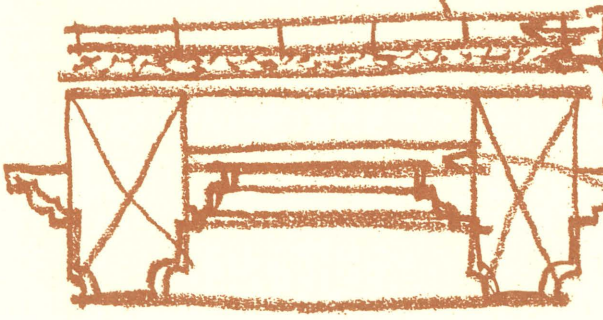
ENTRAMADOS APARENTES: ARTESONADOS
Se labran 3 de las caras ó las 4.
ENTRAMADOS SENCILLOS: Con joquetes iguales a las vigas ó menores en canto y tabla, en gran número para enderezar las vigas.



Se cubre con tablas. En los Marcos hay tablas de 7 piés, para tramos de 3 y 4 (3 vanos y 4 maderos) y de 9 piés, para tramos de 4 y 5. Se acusan con molduras los remachos, que conviene sean poco alargados.

CASETONES DE POCA PROFUNDIDAD





BALDOSAS YESO para absorber la humedad
Tabla formando Techillo

(fol. 95)

Estos suelos son ligeros y permiten espaciar mucho los maderos.

ZOQUETES OBLÍCUOS: *(figs. 95.1 y 95.2).*

CASETONES CON DIBUJOS CALADOS EN UNA TABLA, PONIENDO OTRA COMO FONDO.

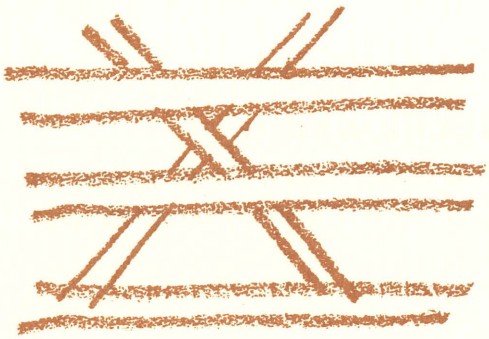
LISTONES: se sacan de los maderos o se meten en cajas, en obras de lujo.

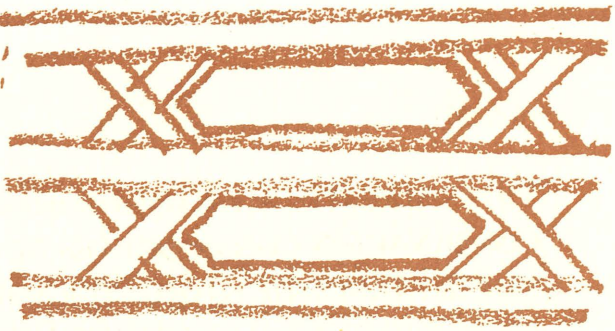
CRUCES DECORADOS

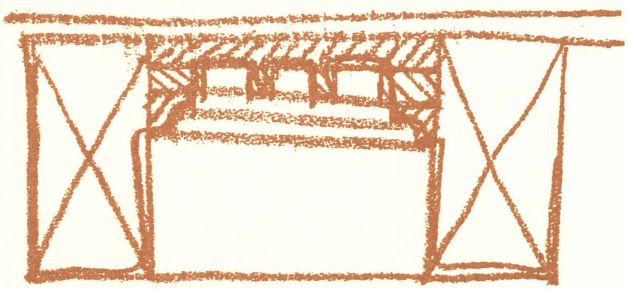
95.1. Planta de techo entramado con zoquetes oblícuos.
95.2. Planta de techo entramado con zoquetes oblícuos formando lacería.
95.3. Planta y sección de techo de casetones con dibujos calados en la tabla. (Perfil de la sección vista en lápiz rojo).
95.4. Perfiles de viguetas con listones moldurados: en la primera, tallados en el madero; en la segunda, empotrados en cajeado.
95.5. Plantas y perfiles de distintos cruces de viguetas decorados.

Estos suelos son ligeros y permiten espaciar mucho los maderos

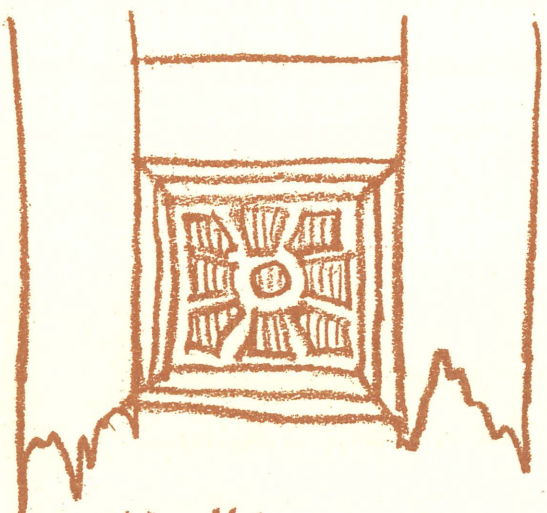
ZOQUETES OBLICUOS:



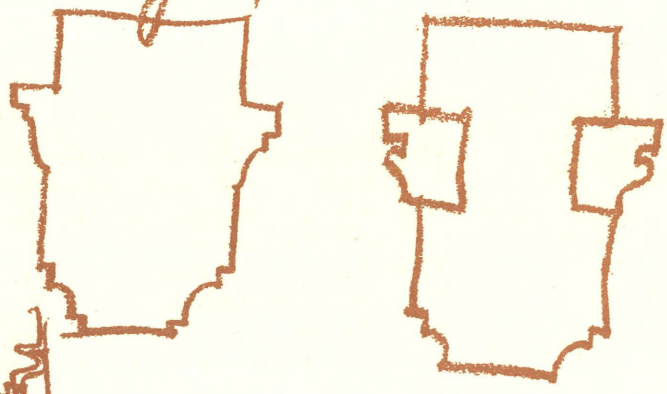


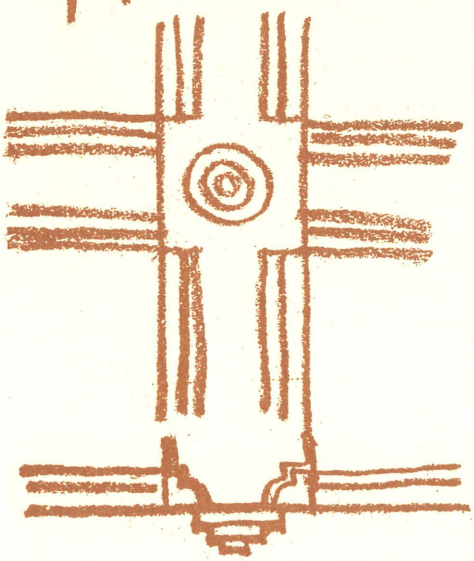


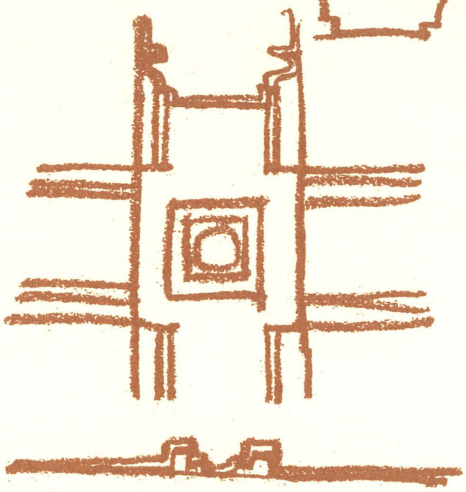
CASETONES CON DIBUJOS CALADOS EN UNA TABLA, PONIENDO OTRA COMO FONDO



LISTONES: se sacan de los maderos ó se meten en cajas, en obras de lujo







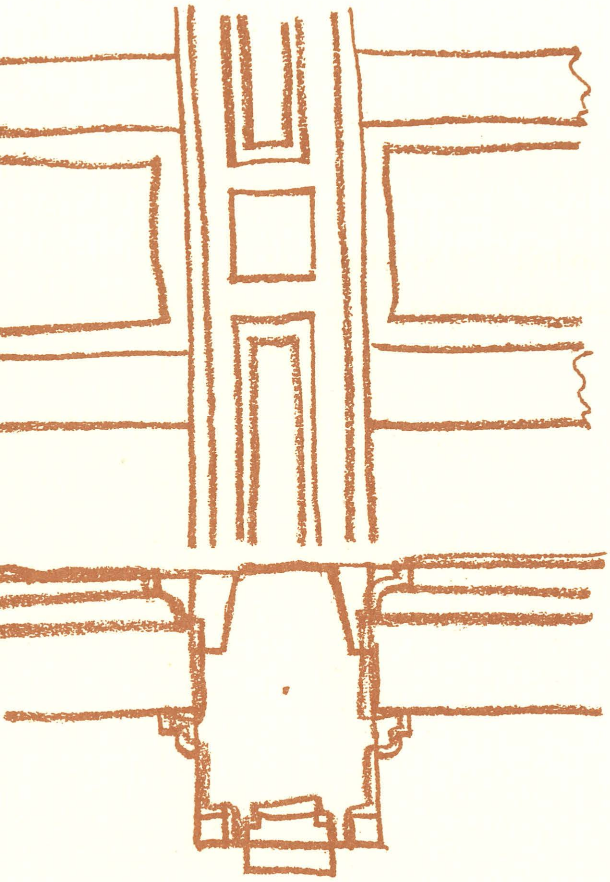
CRUCES DECORADOS

(fol. 96)

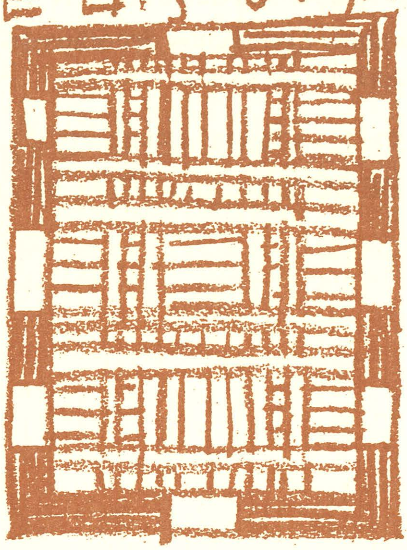
VIGAS MAESTRAS: Las viguetas apoyan en prolongación.
COMBINACIÓN CON ZOQUETES DE IGUAL SECCIÓN QUE LAS VIGAS
ARTESONADOS DE ESTRUCTURA SEMIAPARENTE. Los maderos de suelo se ocultan por tableros fijos a su cara inferior. Suprimiendo los trozos de vigas maestras que dividen *(...)*

96.1. Planta inferior y sección del encuentro de viguetas con la viga maestra en un artesonado. (Con indicación del perfil de la sección vista).
96.2. Planta de un espacio rectangular con techo entramado en el que los zoquetes actúan como brochales.
96.3. Esquema, en planta, de un artesonado de estructura semiaparente, en el que aparecen maderos terciados.
96.4. Detalle, en planta inferior y sección, de un artesonado de estructura semiaparente. (Con indicación del perfil de la sección vista).
96.5. Detalle, en planta, de dos tramos de artesonado de estructura semiaparente.

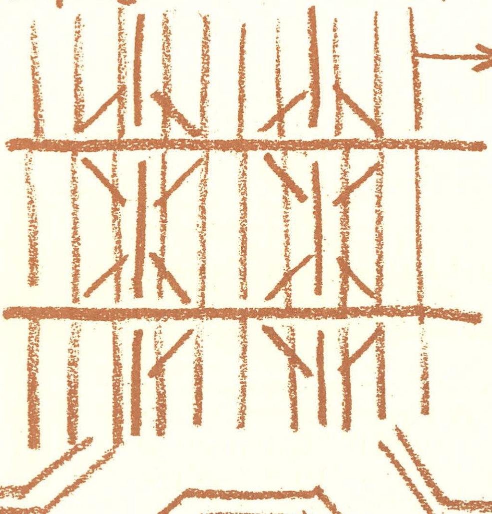
VIGAS MAESTRAS: las viguetas apoyan en prolongación.



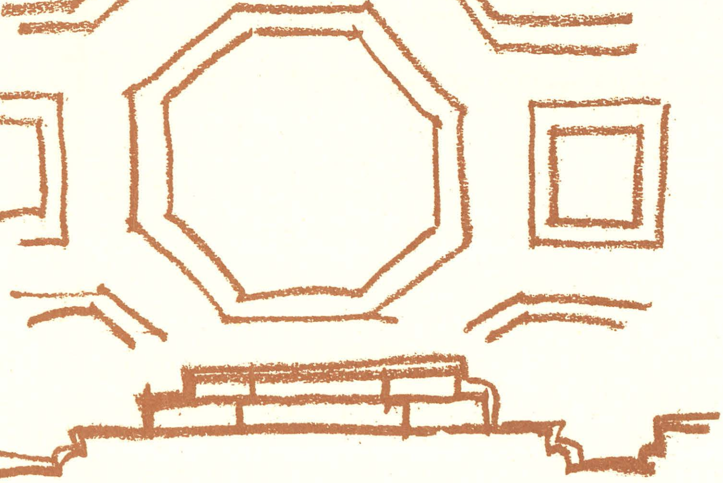
COMBINACIÓN CON ZOQUETES DE IGUAL SECCIÓN QUE LAS VIGAS

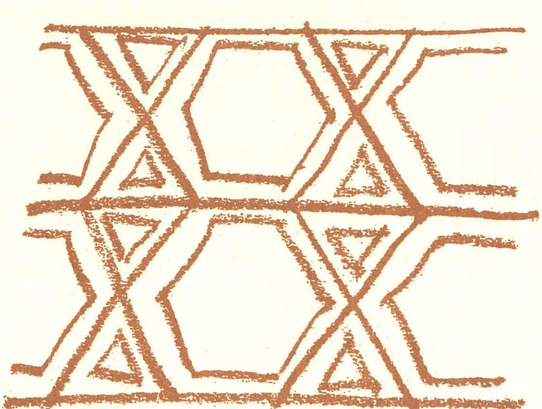


ARTESONADOS DE ESTRUCTURA SEMIAPARENTE



Los maderos de suelo se ocultan por tableros fijo a su cara inferior





Suprimiendo los trozos de vigas maestras que dividan

(fol. 97)

(...) los rombos, resulta una estructura sólo decorativa. (Palacio Ducal de Venecia).

Lacerías árabes: Son techos decorativos formados por piezas ensambladas que se cruzan, a media madera, en un plano.

SUELOS EN LA EDAD MEDIA (I) Y MODERNOS (II)

SUELOS DE SERLIO: *(figs. 97.4 y 98.1)*.

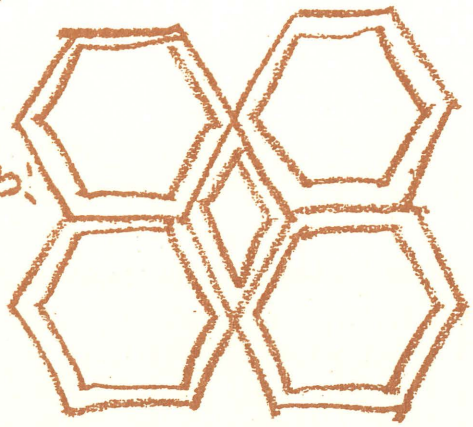
97.1. Detalle, en planta, de artesonado de estructura semiaparente en el que se ha suprimido un tramo de viga, formando rombo.

97.2. Sección de forjado de bovedillas apoyadas sobre viguetas giradas y recibidas por carreras: "I":"CARRERA"/"CARRERA".

97.3 Secciones de distintos forjados de madera: "II": *de bovedillas de rasilla apoyadas en retallos de las viguetas:* "RASILLA"/"MADERO"*; de bovedillas de yeso y suelo apoyado por ladrillo de canto sobre las viguetas:* "SOLADO"/"LADRILLO de canto"/"MADERO"; *de bovedilla de yeso apoyada en listones de las caras laterales de las viguetas y suelo directamente apoyado sobre las mismas:* "SOLADO"/"YESO"/"LISTÓN"/"MADERO".

97.4. Planta y sección (a distintas escalas) de espacio cuadrado forjado mediante brochales en esvástica y detalle de acoplamiento en cola de milano.

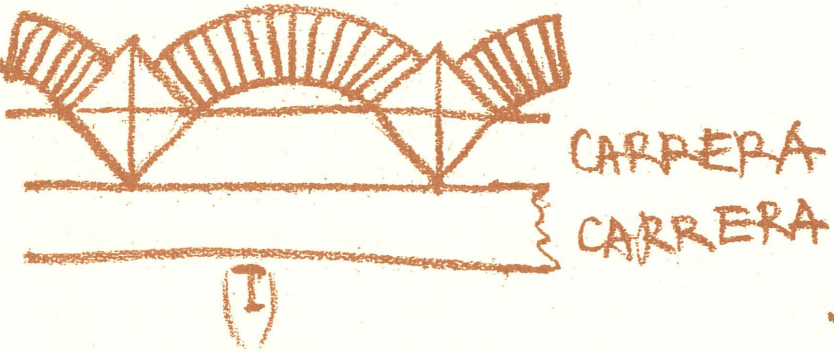
los rombos, resulta la estructura de la cubierta:



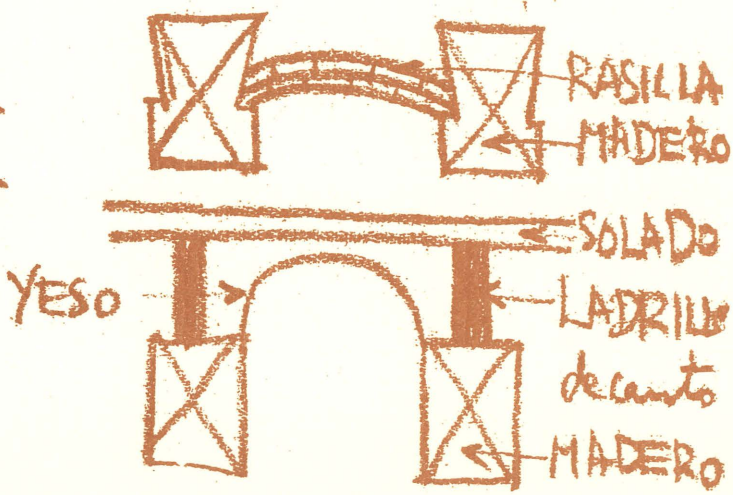
(Palacio Ducal de Kwang)

Lacerías árabes: bóvedas techos decorativos formados por piezas ensambladas que se cruzan, de media madera, empleo

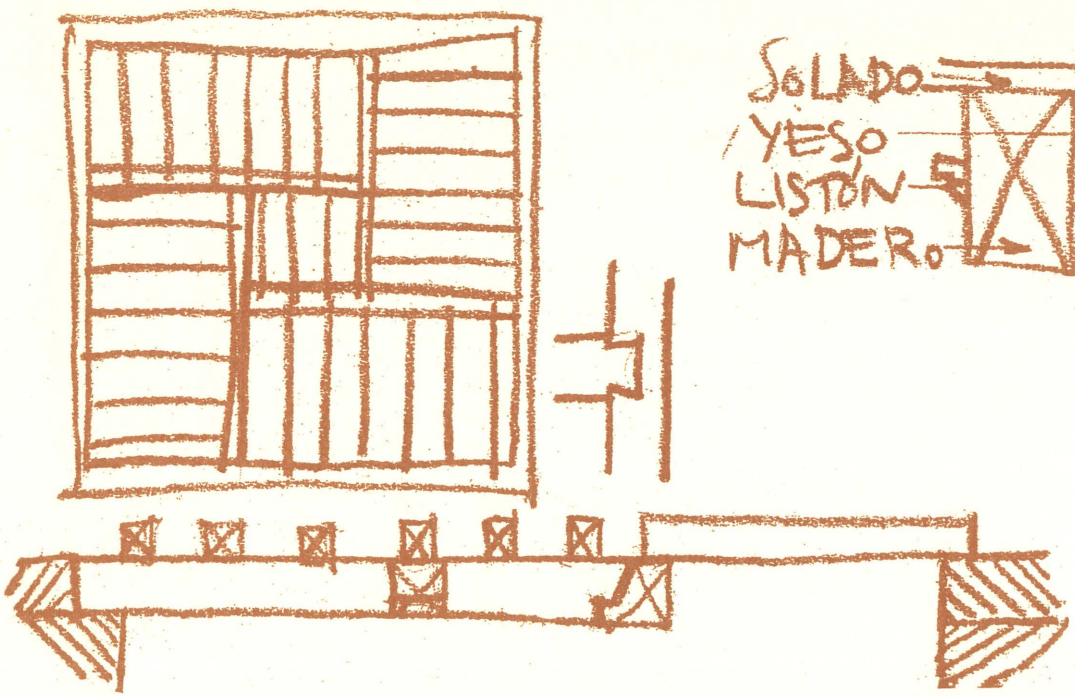
SUELOS EN LA EDAD MEDIA (I) Y MODERNOS (II)

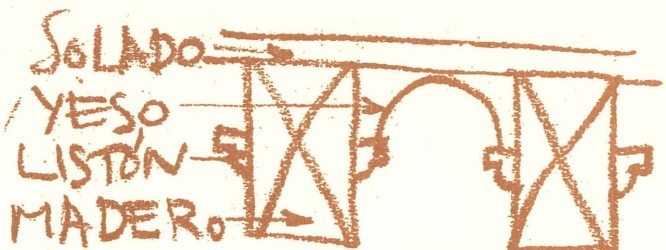


(I)



SUELOS DE SERCHIO:





II

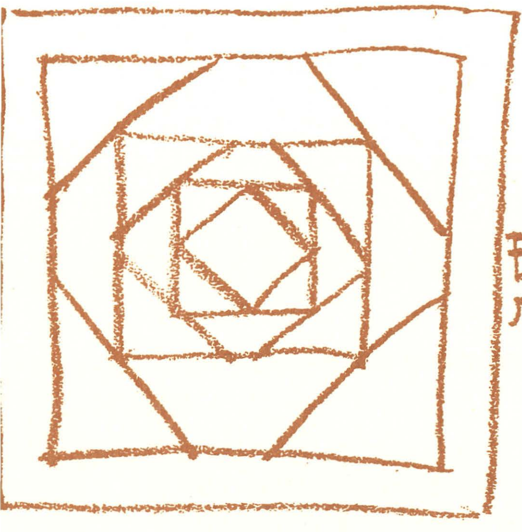
(fol. 98)

CIELOS RASOS: I) Suelos forjados, macizos. Maderos a distancias de 3 y 4 o doble del grueso del madero.

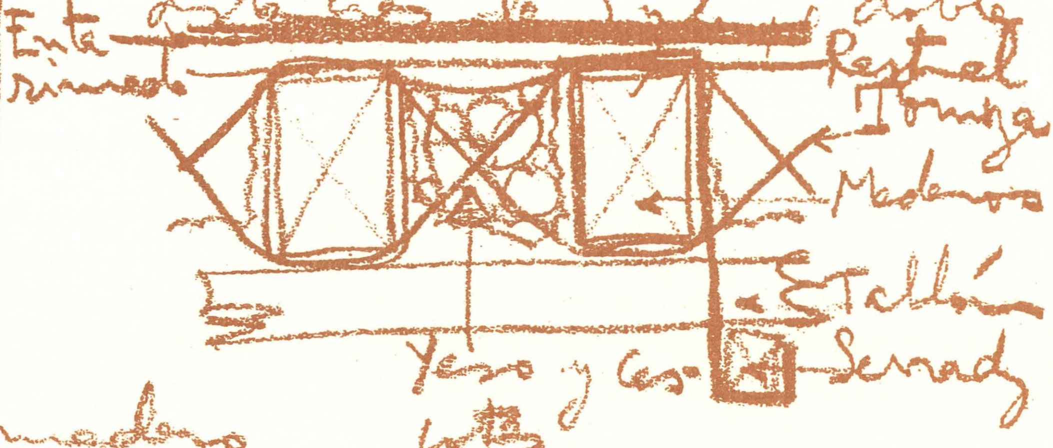
Caras toscas, sin labrar, astilladas con golpes de azuela. Entornizadas con cuerdas de esparto de trenzado sencillo, menores que lías, arrolladas en hélice y otras transversales, cada 0´80 ó 1 m. Se cuelgan tablones con lías o hierros. Se amasa yeso negro, poco trabado, y se echa sobre los tablones, y se da de mano a los maderos. Se rellena con cascote de yeso, sin trozos de ladrillo, para que sea ligero. Se vierte sobre ello yeso negro. Si se entarima se colocan rastreles (serradizos) y sobre éstos las tablas. Si es solado se echa arena y se sientan con yeso o cemento o mortero las baldosas de barro cocido o piedra artificial (cemento). *(...)*

98.1. Planta de espacio cuadrado forjado por sucesivos brochales que forman cuadros inscritos unos en otros.

98.2. Sección de un forjado macizo: "Entarimado"/"Rastrel"/"Torniza"/"Maderos"/"Tablón"/"Serradizo"/"Yeso y cascotes".



CIELOS RASOS: I) Suelos forjados masizos. Maderos a distancias de 1 ó 1 ½ doble



del grueso del madero. Cañas toscas sin labrar, astilladas con golpes de azuela. Entomizadas, con cuerdas de esparto de trenzado sencillo, manojos que lían arrollados en hélice y otras transversales, cada 0'80 ó 1 m. Se cuelga tablones con lías ó hierros

Se amasa yeso negro, poco trabado, y se echa sobre las tablas, y se da de mano a los maderos. Se rellena con cascote de yeso, sin trozos de ladrillo para que sea ligero. Se vierte sobre ello yeso negro. Si se entarima, se coloca rastreles (serradizos) y sobre esto las tablas. Si es solado, se echa arena y se asientan con yeso ó cemento ó mortero las baldosas de barro cocido ó piedra artificial (cemento)

(fol. 99)

(...) Se quitan los tablones sacando por arriba los hierros por agujeros que se dejan en el forjado o desatando los nudos que las lías tienen por debajo.

Blanqueo: Con yeso blanco, que agarra en el negro y en el esparto.

Son techos muy pesados y curvan por la mucha agua que necesitan. Se evita rellenando con escorias, ligeras y que no absorben agua, o botes huecos de barro: *(fig. 99.1)* que se cubren con masa trabada. Es caro y sonoro. Más ligero, y pueden separarse más los maderos.

Piezas huecas de yeso: Quedan haciendo por abajo haces con el madero. Menos sonoros.

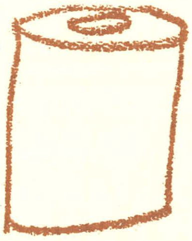
II) Pisos huecos: *(fig. 99.4)*.

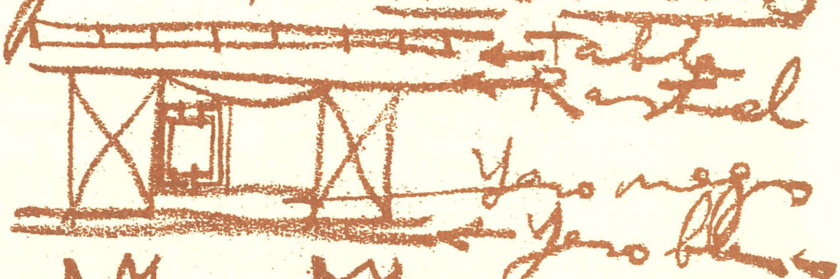
99.1. Detalle de un bote de barro para forjados.
99.2. Detalle, en planta y sección, de un forjado a base de botes de barro: "Tabla"/"Rastrel"/"Yeso negro"/"Yeso blanco".
99.3. Sección de un forjado a base de piezas aligerantes de yeso a haces inferiores de las viguetas.
99.4. Sección de forjado hueco: "Tabla"/"Rastrel"/"Ladrillo o rasilla"/"Cañizo con yeso negro".

Se quitan los tablones, sacando por arriba los hierros, por agujeros que se dejan en el forjado ó desatando los nudos que los lían tienen por debajo

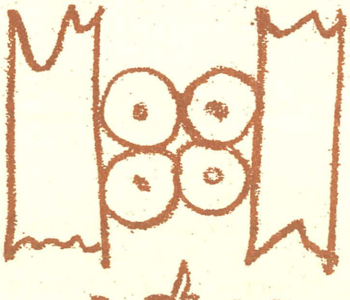
Blanqueo: Con yeso blanco, que agarra en el negro y en el esparto.

Son techos muy pesados y caros por la mucha agua que necesita. Se evita rellenando con escorias, ligeros y que no absorban agua, ó botes huecos de barro:



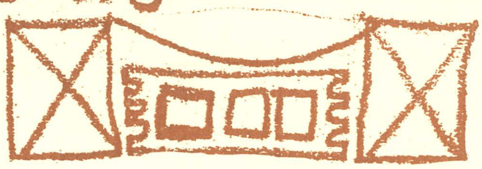


Que se unen con masa trabada



Es caro y sonoro. Más ligero y pueden separarse más los maderos

Piezas huecas de yeso:



Quedan haciendo por abajo huecos con el madero. Menos sonoros

II) Pisos huecos:

ENSEÑANZA ESPECIAL SUPERIOR

PRIMER CURSO SUPERIOR:

Conocimiento de materiales: su análisis y manipulación
Electrotecnia y máquinas
Construcción I
Mecánica aplicada a la resistencia de materiales y a la estabilidad de las construcciones
Copia de conjuntos arquitectónicos

SEGUNDO CURSO SUPERIOR:

Construcción arquitectónica II
Hidráulica: aprovechamiento, conducción, distribución de aguas y construcciones hidráulicas
Teoría general del arte arquitectónico
Proyecto de detalles arquitectónicos y decorativos

TERCER CURSO SUPERIOR:

Tecnología de la construcción
Salubridad e higiene de los edificios
Topografía
Composición de los edificios
Proyectos de conjuntos I

CUARTO CURSO SUPERIOR:

Arquitectura legal
Historia de la Arquitectura
Trazado, urbanización y saneamiento de poblaciones
Proyectos de conjuntos II

Comentario al plan de estudios, realizado por Luis Moya en el curso 1924-1925*.

Plan de estudios: Se compone de las asignaturas del ingreso en la Escuela, y seis cursos en ésta. En el ingreso hay asignaturas matemáticas, físico-químicas y gráficas. Estas últimas son tres: Dibujo de figura, de ornato y lineal-lavado, siendo el primero copia de estatua y los otros dos de lámina. Los exámenes de las demás asignaturas se hacen en tres grupos independientes en la Escuela de Arquitectura, o aprobando seis asignaturas, que forman, aproximadamente, los dos primeros cursos de la carrera de Ciencias. De los seis cursos de la Escuela, dos son preparatorios y cuatro superiores. En los primeros se sigue estudiando matemáticas puras y además historia del Arte, dibujo de copia de elementos y detalles, y el modelado en barro. En los cursos superiores, se aplica todo lo anterior a materias de utilidad inmediata en el ejercicio de la carrera, como la resistencia de materiales y la construcción. En el primer curso se copian conjuntos de edificios y en los tres últimos se proyecta, y aquí es donde se prueba la aptitud para esta profesión, pues para estudiar el ingreso y el preparatorio basta tenerla para las matemáticas y el dibujo. La aptitud consiste en un instinto de constructor, en saber apreciar sin cálculo ni razonamiento, si cada parte de una construcción tiene o no condiciones para resistir la carga que soporta, y esto se adquiere, probablemente, por la afición a ver y analizar buena arquitectura.

* L. MOYA, "Arquitectos", *El Pilar*, Madrid, núm. 14, marzo 1925, p. 126.

SE ACABÓ DE IMPRIMIR
ESTA OBRA
EN MADRID
EL DÍA
10 DE JULIO DE 1993

I.S.B.N.: 84-600-8602-X